
BACHELORARBEIT

Herr
Tim Rösner

Möglichkeiten und Begrenzungen der Bildgestaltung bei Stereo3D Filmproduktionen

2011

Fakultät Medien

BACHELORARBEIT

Möglichkeiten und Begrenzungen der Bildgestaltung bei Stereo3D Filmproduktionen

Autor:
Herr

Tim Rösner

Studiengang:
Medientechnik

Seminargruppe:
MT06w1-B

Erstprüfer:
Prof. Dr. - Ing. Rainer Zschockelt

Zweitprüfer:
Dipl. - Ing. Lars Tredup

Einreichung:
Mittweida, 25.08.2011

Verteidigung/Bewertung:
Mittweida, 2011

Faculty Medien

BACHELOR THESIS

Possibilities and Limitations of Pictorial Design of Stereo3D Film Productions

author:

Mr.

Tim Rösner

course of studies:

Medientechnik

seminar group:

MT06w1-B

first examiner:

Prof. Dr. - Ing. Rainer Zschockelt

second examiner:

Dipl. - Ing. Lars Tredup

submission:

Mittweida, 25.08.2011

defence/ evaluation:

Mittweida, 2011

Bibliografische Beschreibung:

Rösner, Tim:

Möglichkeiten und Begrenzungen der Bildgestaltung bei Stereo3D Filmproduktionen. - 2011. - 3, 88, 8 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2011

Referat:

In dieser Arbeit werden die kreativen und technischen Möglichkeiten bzw. Begrenzungen behandelt, die in einer Stereo3D Filmproduktion möglich sind bzw. auftreten. Dabei bezieht sich die Arbeit vorrangig auf die Personen Kameramann und Stereograf. Im Mittelpunkt stehen dabei Parameter der Bildgestaltung, die die Stereo3D-Technik bei der Aufnahme, der Wiedergabe und im optisch-gestalterischen Sinne charakterisieren. Die geschichtliche Entwicklung der Stereoskopie sowie wahrnehmungsphysiologische Grundlagen und Grenzen werden untergeordnet behandelt, sowie der Umgang mit Dramaturgie und Schnitt. Anhand von mathematischen Gleichungen werden die Beziehungen am Ende der Arbeit näher betrachtet. Diese Arbeit macht deutlich, welche Herausforderungen für das Filmteam und welche für die Stereo3D-Technik an sich existieren, um eine hohe Qualität und eine bereichernde Erfahrung beim Zuschauer zu erreichen.

Inhalt

Inhalt.....	VI
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung.....	1
2 Geschichte der Stereoskopie.....	4
2.1 Pionierphase.....	4
2.2 Erste Hochphase.....	7
2.3 Zweite Hochphase.....	11
2.4 Dritte Hochphase.....	13
2.5 Vierte Hochphase.....	13
3 Stereo3D im 21. Jahrhundert.....	16
3.1 Der Begriff Stereo3D.....	16
3.2 Zukunftsausblick.....	16
4 Wahrnehmungsphysiologische Grundlagen.....	18
4.1 Okulomotorische Tiefenhinweise	18
4.2 Visuelle Tiefenhinweise	19
5 Mögliche Beschwerden beim Betrachten eines Stereo3D-Filmes.....	24
5.1 Unverhinderbare Beschwerden.....	24
5.2 Verhinderbare Beschwerden.....	26
6 Das Stereo3D-Bild.....	29
6.1 Bei der Wiedergabe.....	29
6.2 Bei der Aufnahme.....	30
7 Eine Standardabfolge am Set.....	32
8 Bildgestaltung in Stereo3D.....	33
9 Bildgestaltende Parameter.....	35
9.1 Monokulare Tiefenhinweise.....	35
9.1.1 Relative Größe.....	35

9.1.2 Licht und Schatten.....	35
9.1.3 Linearperspektive.....	35
9.1.4 Atmosphärische Perspektive.....	36
9.1.5 Verdeckung.....	36
9.1.6 Bewegungsparallaxe.....	36
9.2 <i>Das Bild als Raum</i>	37
9.2.1 Tiefe.....	37
9.2.2 Tiefenspielraum.....	38
9.2.3 Tiefenumfang.....	39
9.2.4 Vorder- und Hintergrund.....	41
9.2.5 Stereobasis.....	43
9.2.6 Nullebene und Teilbildausrichtung.....	46
9.2.7 Eingedrehte oder parallele Kameras.....	48
9.2.8 Brennweite.....	51
9.3 <i>Das Kino als Raum</i>	53
9.3.1 Scheinfenster.....	53
9.3.2 Betrachterraumeffekte.....	56
9.3.3 Leinwandgröße.....	57
9.3.4 Zuschauerposition.....	59
9.4 <i>Einzelparameter</i>	61
9.4.1 Schärfentiefe.....	61
9.4.2 Perspektive.....	63
9.4.3 Bildausschnitt und Einstellungen.....	65
9.4.4 Kamerabewegungen.....	67
9.4.5 Licht und Schatten.....	68
9.4.6 Kontrast.....	70
9.4.7 Farbe.....	71
9.4.8 Oberflächentexturen.....	71
9.4.9 Dramaturgische Teilbildunterschiede.....	72
10 Schnitt und Dramaturgie im Stereo3D-Film.....	74
11 Berechnungen.....	78
11.1 <i>Software</i>	78
11.2 <i>Faustregeln</i>	79
11.3 <i>Formeln</i>	80
12 Fazit.....	85
Index.....	89
Literaturverzeichnis.....	92
Selbstständigkeitserklärung.....	96

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Akkommodation bei fernen und nahen Objekten

Abbildung 2: Disparität

Abbildung 3: Random Dot Stereogramme

Abbildung 4: Panumraum und Horopter

Abbildung 5: Negative, Null- und positive Parallaxe

Abbildung 6: Komfortzonen bei der Wiedergabe

Abbildung 7: Auswirkungen der Stereobasis auf die Tiefe

Abbildung 8: Eingedrehte und parallele Kameras

Abbildung 9: Tiefenebenen bei eingedrehten Kameras und Keystoning bei der Wiedergabe

Abbildung 10: Schwebefenster

Abbildung 11: Zuschauerposition zu nah und zu fern

Abbildung 12: Konvergenzwinkel

1 Einleitung

Noch bevor Ton oder Farbe ihren Weg ins Kino fanden, wurden die ersten 3D-Filme gedreht. Obwohl so alt wie die Fotografie, erscheint die dargestellte dritte Dimension aktuell als Neuerung, der 3D-Film als Kinotrend des 21. Jahrhunderts. Als „Avatar“ 2009 als erfolgreichster Film aller Zeiten die 3D-Kinokassen klingeln ließ, konnte auch der letzte Zweifler die Ernsthaftigkeit dieses Trends nicht leugnen. Die Filmbranche hat in die wieder entdeckte Technologie Vertrauen gefasst, dreht einen Film nach dem anderen in Stereo3D und immer mehr Kinosäle werden kostenintensiv umgebaut.

Doch die Akzeptanz der aktuellen Welle ist gemischt. Laut einer Studie der Hochschule für Film und Fernsehen Potsdam-Babelsberg befürchten immerhin ein Drittel der Befragten körperliches Unwohlsein beim Betrachten eines Stereo3D-Filmes, außerdem beurteilen ca. 20 Prozent die 3D-Brille als stark störend.¹ Trotz aller Maßnahmen und Vorstöße der Wirtschaft in Richtung dreidimensionaler Unterhaltung kommt es letztendlich aber auf den Verbraucher an, ob dieser Trend eine Zukunft hat. Und der Verbraucher feiert und verflucht „3D“, Erlebnisbereicherung und Enttäuschung stehen sich gegenüber. Im Volksmund ist die Rede von finanzieller Ausbeutung. Mit blendenden Effekten als Zuckerbrot soll das Publikum im Internetzeitalter wieder ins Kino gelockt werden, nur damit am Ende neben der Geldbörse auch noch die Augen leiden. Der Mehrwert sei dabei nicht zu erkennen.

Jeder heute lebende Kinogänger ist mit dem konventionellen 2D-Film aufgewachsen und stark vertraut. Neben der obligatorischen 3D-Brille ist die zusätzliche Dimension bei Stereo3D-Filmen nun das, was alles durcheinander bringt. Wenn der Unterschied zum akzeptierten 2D-Film also nahezu allein im visuell erlebten Bild liegt, stellt sich die Frage, was an diesem Bild so unberechenbar ist, dass nicht alle Menschen positiv gestimmt aus einem 3D-Film kommen? Als Grundgedanke soll die Frage den Ausgangspunkt dieser Arbeit darstellen.

Die Unberechenbarkeit einer Unterhaltungstechnologie, kaum zu glauben in Anbetracht des Marktes, der involvierten Firmen und Konzerne. Aber ist ein Stereo3D-Bild wirklich so unberechenbar? Ausschlaggebend ist hier vor allem die Arbeit des Kameramannes und/oder Stereografen, da bei einem Dreh vor Ort

¹ vgl. WEGENER/JOCKENHÖVEL, 3D-Kino, 2009, S. 507

unzählige Parameter und bildgebende Einflüsse für immer festgelegt werden. Auch eine gute Nachbearbeitung zählt sich nur dann aus, wenn dabei nicht der komplette Film neu gedreht wird. Aus diesem Grund beziehe ich mich hauptsächlich auf die kameraseitige Arbeit und formuliere die Frage: Welche Anforderungen stellt Stereo3D an den Kameramann und Stereografen? Wenn manche Menschen Beschwerden haben, muss es demnach auch Grenzen in der Bildgestaltung geben. Dinge, die in 2D erlaubt sind, aber in 3D einfach nicht funktionieren. Wo liegen diese Grenzen?

„Man muss aufpassen, dass die Leute [...] nicht hinausgehen und [...] so drehen wie in 2D. Denn das kann sich auch zu einem Killer für S3D entwickeln.“²

Betrachtet man die den Grenzen gegenüberliegende Seite, so erhält man möglicherweise eine noch interessantere Frage, die es in dieser Arbeit auch zu beantworten gilt. Das ist die Frage nach den Möglichkeiten. Ein Ausloten der kreativen Spielräume in der Bildgestaltung ist im 2D-Film herausfordernd, weil viele Jahre, kreative Menschen und Künstler ihre Erfahrungen zusammentragen konnten. Im 3D-Film ist dies noch nicht der Fall. Ich behaupte, dass gerade deshalb viele Möglichkeiten unentdeckt sind und versuche, einige davon in dieser Arbeit zusammenzutragen.

Als Kern dient mir demzufolge die Untersuchung, auf welche Weise bildgebende Parameter ein Stereo3D-Bild beeinflussen und inwieweit man damit gestaltend umgehen kann.

Doch zurück zum Grundgedanken „Was macht ein Stereo3D-Bild so unberechenbar?“ Um diesen wird sich der Aufbau meiner Arbeit orientieren. Zunächst wird darum geklärt, was Stereo3D überhaupt ist. Das folgende Kapitel gibt so einen Blick auf die historische Entwicklung der Stereoskopie bis hin zum aktuellen Stand. Erfindungen und die grundlegenden Betrachtungsmöglichkeiten werden erklärt. Eine geschichtliche Einordnung trägt nicht nur dazu bei, die Vergangenheit nachzuvollziehen, sondern im Besonderen Schlüsse für die Zukunft zu ziehen.

Im darauf folgenden Kapitel werden die wahrnehmungsphysiologischen Grundlagen geklärt, die essentiell sind für eine Bildgestaltung, denn das wahre Bild entsteht im Gehirn und nicht in der Kamera. Erst was am Ende dieser Kette

² BOLLIGER/NEUBAUER, Begegnung, 2011, S.19

ankommt, ist das Bild, auf das die Personen am Anfang der Kette hingearbeitet haben. Das Sehen mit zwei Augen und die damit verbundenen Vorgänge sind hierbei eine Notwendigkeit für den stereoskopischen Film, um auch zwei getrennte Bilder wahrnehmen zu können.

Aber was, wenn die Augen nicht voll funktionstüchtig sind? Oder Menschen schlicht und einfach keinen „3D-Effekt“ wahrnehmen? Diese Fragen werden im nächsten Kapitel behandelt, in dem es um Beschwerden und Beeinträchtigungen beim Betrachten eines Stereo3D-Filmes geht. Hier soll außerdem Licht ins Dunkel der „3D-Krankheiten“ gebracht werden.

Die technischen Grundlagen folgen anschließend, zuallererst wird das Stereo3D-Bild betrachtet, das auf der Leinwand entsteht, die Grundfunktionsweise der dreidimensionalen Wahrnehmung. Danach wird die Standardabfolge einer Aufnahmesituation behandelt - welche Kriterien am Set betrachtet werden müssen und was überhaupt praktisch beeinflussbar ist. Dieses Kapitel kann als Einführung zum folgenden angesehen werden, dem Kernkapitel der Bildgestaltung. Am Anfang dessen wird auf kreativer Ebene geklärt, was mit durchdachter Bildgestaltung im stereoskopischen Film für Ziele erreicht werden können.

Den wesentlichen Teil der Arbeit stellen nun die einzelnen Parameter dar. Unterteilt in Sinnesabschnitte werden die bildbeeinflussenden Faktoren, ihre Wirkung und die damit verbundenen kreativen Spielräume untersucht. Hier werde ich Wert auf einheitliche Begriffe und eine verständliche Beschreibung derer legen, da die vorhandene Literatur meiner Erfahrung nach oft den Fehler begeht, die vielen ähnlichen Begriffe zu vertauschen und beim Leser dadurch Verwirrung zu erzeugen.

Die letzten Kapitel beinhalten aufbauende Zusatzinformationen. Einerseits durch eine Betrachtung der neuen Herausforderungen für Schnitt und Dramaturgie, die auch einen Einfluss auf die Arbeit an der Kamera haben. Und andererseits als letztes Kapitel vor der Schlussbemerkung durch die mathematische Seite der Bildgestaltung. Die Frage wird geklärt, inwieweit trockene Formeln am Set helfen können und es werden alle Berechnungen aufgeführt, die bisher eine Rolle gespielt haben.

Die Kapitel der Arbeit bauen chronologisch aufeinander auf. Es ist daher ratsam, sie der Reihe nach zu lesen oder bei fehlenden Informationen einen Schritt zurück zu gehen, um die nötigen Hintergründe zu erfahren.

2 Geschichte der Stereoskopie

Auch wenn es so erscheint, der aktuelle „3D-Boom“ ist längst kein Novum. Die Geschichte der Stereoskopie (griech. stereos=Raum/ skopeo=betrachten) zieht sich durch die letzten beiden Jahrhunderte und entwickelte sich zu einem bedeutenden Bestandteil in Fotografie und Film. Das Kino erfuhr so mit der Zeit mehrere Wellen an 3D-Filmen, sodass die heutige bereits die vierte darstellt.

2.1 Pionierphase

Die Grundlage jeder stereoskopischen Entwicklung begründete der britische Wissenschaftler Charles Wheatstone (1802-1857) im Jahr 1830. Er erkannte, dass der Abstand zwischen der Netzhaut beider Augen das entscheidende Kriterium für die menschliche Tiefenwahrnehmung ist.³ Interessant ist, dass zu dieser Zeit die erste Fotografie schon existierte, wenn auch nur mit einem Vorsprung von vier Jahren. Damit ist Wheatstone's Erkenntnis im Vergleich zu anderen naturwissenschaftlichen Entdeckungen sehr spät dargelegt worden. Um seine Theorie zu untermauern, baute Wheatstone ein Gerät namens „reflecting mirror stereoscope“, das aus einer simplen Holzkonstruktion bestand, versehen mit zwei Spiegeln und Bildern. Jedes Auge bekam ein gezeichnetes Bild eines Raumbildpaares zu sehen und so entstand das erste Mal der dreidimensionale Effekt, den wir noch heute kennen. Das Stereoskop wurde erstmals 1838 vor der Royal Society von Großbritannien der Öffentlichkeit präsentiert, wo es starke Begeisterung auslöste⁴.

Die Geschichte der Stereoskopie ist fest mit der Fotografie verwoben, jeder Schritt hin zum besseren Bild war auch ein Schritt zum besseren räumlichen Bild. Und so dauerte es nicht lang, bis die ersten Stereofotografien entstanden. Wegweiser war hier Sir David Brewster (1781-1886), der seine weiterentwickelte Form eines Stereoskopes 1851 in London eindrucksvoll vor Queen Victoria vorführte. Auch erkannte er die technischen Notwendigkeiten, um zu dieser Zeit augenfreundliche Bilder zu erhalten. So näherte er die Blende, Brennweite und den Linsenabstand den Werten des menschlichen Auges an.⁵

³ siehe URBICHT/WAGNER, Betrieb, 2010, S.106

⁴ nach ZONE, Origins, 2007, S.7

⁵ ebd., S.10f.

In den folgenden Jahren waren die sogenannten „Guckkästen“ beliebt, die sich vom einfachen Stereoskop nur dadurch unterschieden, dass sich verschiedene Bildpaare nacheinander anschauen ließen. So entstanden Sequenzen, die einen zeitlichen Ablauf vorgaukelten und im Kopf des Betrachters schon einen Film auslösen konnten. Aber erst 1857 entstanden die ersten bewegten stereoskopischen Bilder. Der Amerikaner Alexander Becker nutzte in seinem „Stereoview Cabinet“ schnell hintereinander ablaufende Bildpaare, angetrieben von einer Handkurbel und einem endlosen Riemen.⁶ Diese Sequenzen stellen auf ihre Weise die ersten 3D-Filme dar.

Jahrelang entstanden immer neue Arten dieser Geräte als Unterhaltungsattraktion, doch niemand trieb die Technik des Guckkastens so auf die Spitze wie Filmpionier Thomas A. Edison (1847-1931) und sein Assistent William K.-L. Dickson. Beide arbeiteten viele Jahre an Geräten zur Aufnahme und Wiedergabe von Audio und Video. So entstanden das „Kinetoskop“, ein auf Film basierender Guckkasten, sein Pendant für die Aufnahme in Form des „Kinetographen“ und der auf Walzen basierende „Phonograph“ für die Aufnahme und Wiedergabe von Tönen. Eine Verbindung aus den drei Geräten bezeichnete Dickson 1895 als „*The crowning point of realism [...]*“⁷. Für diese bahnbrechenden Erfindungen sahen beide neben der Projektion auch eine stereoskopische Unterstützung vor, welche zwar im Patent von 1893 festgehalten wurde, aber nie nachgewiesen zum Einsatz kam.⁸

Der Nachteil der bisherigen Guckkästen lag auf der Hand: Sie waren nur für einen einzigen Betrachter vorgesehen. Ihre fehlende Projektionsmöglichkeit entwickelte sich indes zeitgleich. Grundlegend dafür war die „Laterna magica“, eine simple Projektion von Bildern auf eine Fläche mit Hilfe einer Lichtquelle, deren Ursprung umstritten ist. Den Anfang der dreidimensionalen Projektion machte der Franzose Joseph D'Almeida 1858 mit der Erfindung des Anaglyphverfahrens.⁹ Im gleichen Zuge entstanden die ersten 3D-Brillen.

6 nach ZONE, Origins, 2007, S.15

7 DICKSON, W./ DICKSON, A., Kinetograph, 1895, S.19, zit. nach Zone, Origins, 2007, S.40

8 vgl. ZONE, Origins, 2007, S.40ff.

9 nach SAMMONS, World, 1992, S.9

Das Anaglyphverfahren:

Die älteste, einfachste und preiswerteste Methode, um 3D-Inhalte wiederzugeben nutzt zwei übereinander projizierte (Halb-)bilder, die komplementär (meist Rot-Cyan) eingefärbt sind. Brillen mit zwei der Färbung entgegengesetzten Farbfiltren trennen die Bilder für jedes Auge auf. Die entsprechende Komplementärfarbe erscheint durch das entgegengesetzt gefärbte Brillenglas schwarz und beeinflusst die Bildinformation theoretisch nicht.¹⁰

Zu dieser Zeit fand auch das Polarisationsverfahren Anwendung, das bereits 1852 in Großbritannien von William Bird Herapath für die Herstellung von Filtern genutzt wurde¹¹. Seit 1881 existiert ein amerikanisches Patent, das die Nutzung des Polarisationsverfahrens für stereoskopische Projektionen vorsieht. Beide Verfahren wurden ab dem Jahr 1890 vorwiegend für Laterna Magica Vorführungen genutzt.

Das Polarisationsverfahren:

Diese Methode nutzt die Eigenschaft von Licht, polarisiert werden zu können. Darunter versteht man eine bestimmte Ausrichtung der Lichtwellen. Polfilter, die vor jedem projizierten Halbbild platziert werden, polarisieren das Licht in gegensätzlicher Ausrichtung, welches dank einer silberbeschichteten Leinwand unverändert zum Betrachter reflektiert wird. Auch in der zugehörigen Brille sind diese Filter und lassen so nur das Licht des gewünschten Halbbildes passieren. Dem Vorteil der kostengünstigen Brillen steht der Nachteil der teuren Silberbeschichtung der Leinwand gegenüber, aber auch der Lichtverlust von bis zu 75%¹².

Dank dieser Verfahren, der technischen Geräte und dem Einsatz unzähliger hier unerwähnter Pioniere wurde der Weg für den dreidimensionalen Film geebnet. Als die ersten großen Lichtspielhäuser entstanden, kam auch der Wunsch nach stereoskopischen Filmen auf. Die erste bekannte Vorführung eines solchen fand am 10. Juni 1915 im Astor Theater in New York¹³ statt. Die anaglyphischen Naturaufnahmen stammten von William E. Waddell und Edwin S. Porter, der schon im berühmten „Great Train Robbery“ 1903 Regie führte. Reporter Lynde Denig kritisierte anschließend noch technische Mängel:

„Den ersten Beispielen nach zu urteilen, kann vermutet werden, dass die Erfinder Schwierigkeiten hatten, schnelle Bewegungen einzufangen. Die schwächste Szene der Vorstellung stammte von einem aufwendigen orientalischen Tanz, in welchem die Tänzer verschwommen waren und der

¹⁰ siehe BOLLIGER, Raum, 2011, S.52

¹¹ nach LIPTON, Foundations, 1982, S.33

¹² nach BOLLIGER, Raum, 2011, S.53

¹³ vgl. SAMMONS, World, 1992, S.25

*gesamte Film schimmerte ähnlich der Reflexion auf einem See.*¹⁴

Aufgrund eines fehlenden Drehbuches sind die ersten 3D-Produktionen eher als Experimente statt als Filme anzusehen. Bis der erste Langfilm in die Filmtheater kam, vergingen noch weitere 7 Jahre.

2.2 Erste Hochphase

Das Erscheinen des ersten Kinolangfilmes in 3D kann als der Beginn einer Hochphase angesehen werden, die verglichen mit späteren Phasen zwar weniger intensiv war, aber dennoch aufgrund des Neuheitsfaktors mindestens denselben Stellenwert besitzt. Im Jahr 1922 erschien „The Power of Love“, ein heute verschollener¹⁵ Schwarz-Weiß Stummfilm, der im September desselben Jahres im Ambassador Theater Los Angeles¹⁶ geladenen Gästen gezeigt wurde. Der Kameramann Harry K. Fairall entwickelte hierzu eigens eine Kamera mit zwei Filmrollen, die in Rot und Cyan gefärbt wurden. Für die Vorstellung wurden zwei Projektoren genutzt, was umständlich für die damaligen Theater und der Grund dafür war, dass der Film nie kommerziell gezeigt wurde.

Die Jahre um 1920 zeichneten sich ebenfalls durch zahlreiche Weiterentwicklungen und Experimente in derameratechnik als auch bei der Wiedergabe von stereoskopischem Material aus. Es wurden erstmals eingeschwenkte (konvergierte) Kameras genutzt¹⁷, aber auch eine komplett neue Form der Wiedergabe entwickelt. Laurens Hammond, Erfinder der bekannten Hammondorgel, forschte an der sogenannten Shutter-Technik und ließ für letztendlich eine einzige Vorstellung das Selwyn Theater in New York umbauen. Das von ihm bezeichnete „Televue“-System benötigte an jedem Sitz eine Brillenapparatur mitsamt Elektromotor, um das synchronisierte Bild zu zeigen.

14 Denig, Pictures, 1915, S.2072, zit. nach Zone, Origins, 2007, S.98, übersetzt vom Verfasser, Original: „Judging from the first samples, it may be surmised that the inventors are meeting difficulties in catching fast action. The poorest scene in the exhibition was of an elaborate Oriental dance in which the performers were blurred and the film in its entirety shimmered, something like a reflection on a lake.“

15 siehe BOLLIGER, Dimension, 2010, S. 53

16 siehe EBU, Report, 2010, S.7

17 siehe ZONE, Origins, 2007, S.120

Das Shutter-Verfahren:

Grundlage dieser Technik ist eine Shutterbrille, die synchron mit dem gezeigten Halbbild ein Auge verschließt, sodass jedes nur das entsprechende Bild zu sehen bekommt. Die Synchronisation läuft dabei über ein vom Projektor oder Monitor getaktetes und ausgesendetes Infrarotsignal ab. Früher wurde dies mit einem technisch aufwendigen, mechanischen Verfahren gelöst. Vorteile sind die nicht benötigte Silberleinwand und die volle Bildauflösung. Nachteile die kostenintensive Brille und ein mögliches Flackern bei hellen Bildern.¹⁸

Kurz nach „The Power of Love“ erreichten zwei Kurzfilme nationale Bekanntheit. Die sogenannten „Plastigrams“ und „Stereoscopiks“ liefen im Vorprogramm zu Langfilmen und beinhalteten vorwiegend kurze Aufnahmen, in denen sich Objekte in den Betrachtterraum bewegten, um den dreidimensionalen Effekt auszureizen. Earl W. Hammons, Präsident der Educational Films Corporation, schrieb in einem Artikel: *„I believe “Plastigrams” will mark the greatest forward step the motion picture industry has ever seen. It is a revolutionary invention [...]“*¹⁹ Kameramann William T. Crespinel, ein Bekannter Fairalls, erhielt aber nicht nur Anerkennung für seine Leistung, sondern auch das Angebot, einen kompletten Spielfilm zu drehen. Dieser lehnte mit Rücksicht auf seine bisherigen Arbeiten jedoch mit der Erklärung ab:

*„Wir drehten sechs von diesen Neuheiten. Trotz der zeitlichen Beschränkung plagten viele Zuschauer Augenschmerzen, Schwindel, Übelkeit und Kopfschmerzen. Ein Film mit einer Dauer von fast einer Stunde wird deshalb einfach nicht funktionieren.“*²⁰

Als Grund des Unwohlseins bei den Zuschauern sind zweifelsohne technische Unzulänglichkeiten und fehlende Erfahrung der Ausführenden zu nennen. Der Abstand zwischen den beiden Objektiven betrug stets einen mittleren Augenabstand von 6,5cm. Das lässt nicht in allen Aufnahmesituationen eine schonende Tiefenwirkung zu, wie im Kapitel „Stereobasis“ deutlich wird. Viele Kurzfilme dieser Zeit nutzten den 3D-Effekt lediglich als eine Art Attraktion. Je näher etwas auf den Betrachter zu kam, desto überraschender die Wirkung. Damit verspielten sich die Macher allerdings auch die Chance auf Filme ohne schmerzhaft Nebenwirkungen. Oft wurde die Ursache allein bei den notwendigen Brillen gesucht. So auch Leventhal, Produzent der „Plastigrams“:

¹⁸ vgl. BOLLIGER, Raum, 2011, S.54f.

¹⁹ HAMMONS, Realized, 1924, o. S., zit. nach ZONE, Origins, 2007, S.120

²⁰ CRESPINEL, Pioneer, 2000, S.67, zit. nach ZONE, Origins, 2007, S.113, übersetzt vom Verfasser, Original: *„We had made six of these novelties and our experience had proved that the footage of each must be limited to between 400 and 500 feet. Even with that limitation, many of the audience became affected with eyestrain, dizziness, headache and nausea [...]. [...] Thinking in terms of a film with a projection period of almost an hour just won't work.“*

„Im Bereich der stereoskopischen Wiedergabe von Filmen scheint es, wenn überhaupt, sehr wenig Hoffnung auf Weiterentwicklung zu geben. Die Hindernisse scheinen unüberwindbar.“²¹

Das letzte Beispiel verdeutlicht die schwierige Situation der ersten 3D-Filme. 1927 drehte Abel Gance das 5-stündige Epos „Napoleon“. Zum Einsatz kam neben dem normalen Kamerasystem noch eine zweite Kamera für die dritte Dimension. Trotz einer positiven Bewertung der Szenen²², entschied Gance sich gegen den Einsatz von 3D in seinem Film:

„I felt that if the audience saw the effect they would be seduced by it, and be less interested in the content of the film . If it fascinated the eye, it would fail to do the same for the mind and heart.“²³

Diese Entscheidung steht stellvertretend auch für das Ende der ersten Hochphase. Die Wünsche der Filmemacher und die Erwartung des Publikums, spektakuläre Aha-Effekte zu erhalten, stand dem bewussten Einsatz in Spielfilmen im Wege, ohne den die 3D-Filme zur Jahrmarktattraktion verkamen.

In den folgenden Jahren stand die Weiterentwicklung von neuen Filmformaten, Farbe und Ton im Vordergrund und nur wenig Aufmerksamkeit wurde dem stereoskopischen Film geschenkt. Tiefe und Realismus waren aber weiterhin Ziele der Bildgestalter. So kam es, dass monokulare Tiefenhinweise²⁴ wie Schärfentiefe, Licht und Schatten, Perspektive und Kamerafahrten vermehrt zu diesem Zweck genutzt wurden. Ein gutes Beispiel hierfür ist der Meilenstein „Citizen Kane“ von 1941.

Einige Ereignisse waren dennoch entscheidend für die Stereoskopie. Im Jahr 1935 beispielsweise fand die erste öffentliche Vorführung von Stereofilmen mit dem Polarisationsverfahren in Washington statt.²⁵ Ein Jahr später versuchte es Leventhal noch einmal mit einem neuen Aufguss der „Plastigrams“. Als 8-minütige Vorfilme waren „Audioscopiks“ und sein Nachfolger „New Audioscopiks“ dennoch weltweit enorm erfolgreich und eine Produktion des traditionsreichen Metro-Goldwyn-Mayer Unternehmens.²⁶ Zum Einsatz kam hier bereits eine Form des

21 LEVENTHAL, First Use, 1926, S.34, zit. nach ZONE, Origins, 2007, S.125, übersetzt vom Verfasser, Original: „In the field of stereoscopic reproduction in motion pictures there seems to be very little if any hope of development, [...].[...] The obstacles seem insurmountable.“

22 vgl. ZONE, Origins, 2007, S.138

23 GANCE zit. nach SAMMONS, World, 1992, S.189

24 siehe Kapitel „Bildgestaltende Parameter“

25 LIPTON, Foundations, 1982, S.34

26 siehe ZONE, Origins, 2007, S.148

Spiegelrigs, wie es heutzutage hauptsächlich genutzt wird. Darunter versteht man die Anordnung zweier Kameras im 90°-Winkel, wobei eine durch und die andere über einen halbdurchlässigen Spiegel filmt. Gut zu sehen ist das an ungewünschten Reflexionen bei den „Audioscopiks“.²⁷

1936 erscheint schließlich auch der erste 3D-Spielfilm mit Ton. Der italienische Film „Beggar's Wedding“²⁸ nutzte dabei auch die Polarisationsmethode, welche stetig weiterentwickelt wurde, da sie bei Farbfilmen mehr Farbtreue versprach.

Für viele heute unbekannt, entwickelte sich in den Jahren vor der Goldenen Ära aber noch eine weitere Form der Stereoskopie. Vergleichbar mit aktuellen technischen Zielen, existierte damals schon ein großes Interesse an autostereoskopischen Vorführungen.

Das autostereoskopische Verfahren:

In diesem technisch aufwendigen Verfahren wird die Trennung der Halbbilder mit Hilfe des Bildschirms allein erreicht. Dabei werden die beiden Bilder blickwinkelabhängig durch ein feines Raster aus Linsen oder Drähten getrennt, sodass die Augen zwei verschiedene Bilder sehen. Das führt bei seitlichen Kopfbewegungen für gewöhnlich zu einer falschen Darstellung. Was bei der Handheldkonsole 3DS von Nintendo beispielsweise weniger ins Gewicht fällt, führt zu Problemen bei der Bildschirmdarstellung für mehrere Personen und bei größerem Abstand, da hier Bilder für mehrere Blickwinkel dargestellt werden müssen und somit die Auflösung sinkt.

Die bedeutendste Erfindung schuf hierbei der russische Filmmacher Semyon Ivanov. Im extra dafür gebauten Moskauer „Vostokkino“ setzte er 1941 sein technisch kompliziertes System für Vorführungen ein. 30000 Drähte bildeten ein feines Gitter, das für den leicht veränderten Winkel der Bilder sorgte. So hingen vor dem Bildschirm sechs Tonnen Metall.²⁹ Im gleichen Jahr drehte Ivanov mit „Robinson Crusoe“ den ersten Spielfilm für die autostereoskopische Wiedergabe. Der berühmte russische Regisseur Sergei M. Eisenstein („Panzerkreuzer Potemkin“) schrieb in Bezug auf Ivanov's Werk:

„Zu zweifeln, dass es für das stereoskopische Kino ein Morgen gibt, ist genau so naiv, wie zu zweifeln, ob es überhaupt ein Morgen gibt.“³⁰

²⁷ siehe Audioscopiks, URL: „http://www.youtube.com/watch?v=sZib0n2IH_8“ [Stand 16.6. 2011]

²⁸ Originaltitel: „Nozze Vagabonde“

²⁹ IVANOV, Russia's, 1941, S.213, zit. nach ZONE, Origins, 2007, S.168

³⁰ EISENSTEIN, Cinema, 1949, zit. nach GEDULD, Makers, 1967, S.106, zit. nach ZONE, Origins, 2007, übers. vom Verfasser, vom russischen übersetztes Original: „To doubt that stereoscopic cinema has its tomorrow is as naive as doubting whether there will be tomorrows at all.“

Vier weitere Kinos mit der gleichen Methode wurden in Russland eröffnet.³¹ Nach der Schließung aufgrund des zweiten Weltkrieges öffnete das „Vostokkino“ 1947 erneut. Jetzt sorgten 2500 Prismen für die winkelabhängige Trennung. Zwar konnten mehr als 180 Zuschauer den effektiven Sichtbereich nutzen, der Nachteil bestand aber weiterhin, dass bei jeder kleinen Kopfbewegung der 3D-Effekt geschmälert wurde. Dennoch dominierte Russland in den 40er Jahren die stereoskopische Film- und Kurzfilmproduktion.³²

2.3 Zweite Hochphase

Diese auch als „Goldene Ära des stereoskopischen Filmes“ genannte Phase hielt lediglich von 1952 bis 1954 an. Trotzdem suchte die Aufmerksamkeit für und die Konzentration an 3D-Filmen seinesgleichen. Dem voran ging eine Krise des amerikanischen Kinos, die Besucherzahlen sanken zwischen 1946 und 1952 von über 80 Millionen auf nahezu die Hälfte³³. Die Konkurrenz des aufkommenden Fernsehens zeigte seine Wirkung. Nur neue Erfindungen konnten das Publikum wieder in die Kinos locken. Dass gerade der stereoskopische Film diese „neue“ Erfindung war, lag einerseits an der Weiterentwicklung derameratechnik. Neue Farbfilmverfahren unterstützten nun jedes beliebige Kamerasystem, so auch das hochgejubelte „Cinerama“-Breitbildsystem als auch mit „Natural Vision“ das gängigste stereoskopische System.³⁴ Andererseits wurde die Aufmerksamkeit der Studios schnell auf die Erfolge der wieder auftauchenden 3D-Filme gezogen.

Die Filmemacher Raymond und sein Bruder Nigel Spottiswoode wurden vom britischen Filminstitut dazu beauftragt, zum 1951 stattfindenden Festival of Britain etwas Außergewöhnliches zu präsentieren. Daraufhin entschieden sie sich für stereoskopische Kurzfilme, die auch außerhalb Großbritanniens Erfolg ernteten.³⁵ Zur gleichen Zeit experimentierten die beiden Kameramänner Lothrop Worth und Friend Baker an einem 35mm 3D-Kamerarig, welches schließlich als „Natural Vision“ bekannt wurde, benannt nach der Fähigkeit, die Kameras ähnlich der Augen einzuschwenken.³⁶ Doch zunächst zeigten sich die Produzenten weder von den stereoskopischen Erfolgen des Festival of Britain noch von „Natural Vision“ beeindruckt. Weder Columbia, Fox, Paramount oder MGM sahen darin eine

31 siehe ZONE, Origins, 2007, S.168f.

32 nach SAMMONS, World, 1992, S.29ff.

33 vgl. LIPTON, Foundations, 1982, S.37

34 siehe ebd.

35 siehe SAMMONS, World, 1992, S.32f.

36 siehe ZONE, Origins, 2007, S.183

Zukunft.³⁷ Erst der unabhängige Produzent Arch Oboler drehte mit diesem System und Worth als Kameramann 1952 „Bwana Devil“. Die Folge war ein nie dagewesener Erfolg an den Kinokassen, woraufhin die Warner Bros. Studios innerhalb von zwei Tagen nach Kinostart „Natural Vision“ lizenzierten und Worth ein Angebot machten³⁸. Daraus hervor ging die erste Großproduktion einer „Major Company“. „House of Wax“ von 1953 nutzte im Gegensatz zu „Bwana Devil“ aus Kostengründen aber nicht das Polarisations-, sondern das minderwertige Anaglyphverfahren³⁹. Ein Kassenerfolg wurde er mit einem Einspielergebnis von fünfeinhalb Millionen US-Dollar aber dennoch. Weiterhin wurde der 3D-Effekt bis aufs Letzte ausgereizt, in dessen Genuss der „House of Wax“-Regisseur André de Toth allerdings nie kam - er war auf einem Auge blind.⁴⁰

Die anderen Studios schlugen daraufhin Alarm und wollten so schnell wie möglich nachziehen. Von den circa 300 Filmen im Jahr 1953 wurden mehr als 45 Filme in Stereo3D veröffentlicht⁴¹, die meisten mit einer Dauer zwischen Produktion und Kinostart von wenigen Monaten. Das führte zu Einbußen bei technischer und inhaltlicher Qualität. Nicht nur das Fehlen von Standards, auch der schlampige Einsatz der 3D-Effekte und das oft verwendete Anaglyphverfahren rächten sich. Inhaltliche Mängel kamen oft noch dazu. Eine Studie der Polaroid Corporation weist auf ein weiteres Problem hin. Von 100 Kinos im Jahr 1953 fielen 25 aufgrund von unsynchronisierten Bildern auf.⁴² Die schlechte Projektionsqualität war ein weiteres Todesurteil.

„But what really killed 3-D in the '50s -- and in subsequent revivals in the '60s, '70s and '80s -- was not so much bad movies as bad 3-D.“⁴³

Das Publikum ließ sich nicht lange blenden und beschwerte sich zunehmend. Die Kinos litten unter den zusätzlichen Kosten für Umbau und zusätzlicher Filmvorführer und so ebnete die Welle genauso schnell wieder ab, wie sie gekommen war. 1954 entstanden nur noch zwanzig Filme in Stereo3D.

37 nach DOWDY, Fifties, 1973, S.47, zit. nach ZONE, Origins, 2007, S.183

38 siehe ZONE, Origins, 2007, S.184f.

39 nach BOLLIGER, Dimension, 2010, S.55

40 nach SAMMONS, World, 1992, S.119

41 siehe LIPTON, Foundations, 1982, S.40

42 vgl. ebd., S.44

43 DEWITT/KANISE, Technology, 1990

2.4 Dritte Hochphase

Lange blieb es still um Stereo3D. Nur zeitweise in den 60er und 70er Jahren schürten Einzelfilme Aufmerksamkeit. 1969 beispielsweise erreichte der auf dem „Sex sells“-Prinzip basierende Film „The Stewardesses“ Traumergebnisse von über 26 Millionen US-Dollar an den Kassen. Bei Produktionskosten von nur 100.000 US-Dollar war er der profitabelste 3D-Film aller Zeiten⁴⁴ und zog eine Welle von Nachahmerfilmen nach sich.

Doch erst zu Beginn der 80er Jahre kam das Interesse an Stereo3D-Filmen wieder auf. Neben Wiederaufführungen alter Filme wurden auch Kassenschlager wie „Comin at ya“ (1981), „Friday 13th Part3“ (1982), „Jaws-3D“ (1983) oder „Amityville 3-D“ (1983) gedreht, denen zahlreiche weniger erfolgreiche Stereofilme folgten. Das Polarisationsverfahren hatte endlich Einzug gehalten, die Qualität ließ noch auf sich warten. Die eigentliche Hochphase wurde erst 1986 mit einer anderen Entwicklung eingeleitet. Auf der Expo 86 in Vancouver stellte die Firma Imax ihr „Imax 3D“-System vor⁴⁵, was sich durch verfeinerte Wiedergabeverfahren und die enorm große Leinwand auszeichnete. Vier Jahre später existierten weltweit bereits 68 derartige Kinos⁴⁶. Stereo3D bewegte sich so zunehmend vom Effektkino hin zu ernsterem Inhalt mit bewusstem Einsatz der dritten Dimension.

2.5 Vierte Hochphase

Die Filme der vergangenen Zeit waren wie schon bemerkt technisch minderwertig. Im Gegensatz zu aktuellen Werken lag das hauptsächlich an der analogen Aufnahme und Wiedergabe. Was beim zweidimensionalen Film qualitativ längst keine Rolle mehr spielte, ließ bei Stereo3D-Produktionen jedoch zahlreiche Fehlerquellen auftreten. Asynchrone Projektion der Bilder durch mehrere Projektoren, Kratzer auf dem Filmmaterial, Schwankungen im Bildstand beim Kopiervorgang oder Toleranzüberschreitungen beim Dreh mit älteren Kamerasystemen sind nur einige Beispiele. Desweiteren fehlte die Möglichkeit, in der Postproduktion Einstellungen bei den 3D-Effekten vorzunehmen. Diese Probleme können heutzutage mit Hilfe der fortschreitenden Digitalisierung weitgehend vermieden werden, was dem Stereo3D-Film eine neue

⁴⁴ nach SAMMONS, World, 1992, S.44

⁴⁵ nach ebd., S.53

⁴⁶ vgl. ebd., S.56

Lebensgrundlage gibt.

Abzusehen war die aktuelle Entwicklung deshalb trotzdem nicht. So war es umso überraschender, was 2004 mit dem Film „Der Polarexpress“ geschah. Der Animationsfilm erhielt extra für Imax3D-Kinos eine weitere stereoskopische Perspektive und startete dort zeitgleich mit der 2D-Version. Obwohl die 3D-Version nur ein Prozent der Leinwände einnahm, spielte sie über ein Viertel der Erlöse ein.⁴⁷ Selbst zur Wiederaufführung in den Imax Kinos zu Weihnachten 2005 war diese Version erfolgreicher als die Urversion in 2D, obwohl sie kurz zuvor im Fernsehen lief.⁴⁸ Es folgte ein ähnliches Ergebnis mit „Chicken Little“ 2005, dem ersten komplett digital erstellten Stereo3D-Animationsfilm, der auch außerhalb der Imax-Kinos lief.

Das digitale Kino steckte noch in den Kinderschuhen, die Umrüstung konventioneller Säle mit der neuen Technik war ein teures Geschäft. Es war fraglich, ob die Besucher bereit sind, erhöhte Preise für ein digitales Bild zu zahlen. Die Stereo3D-Technik dagegen war publikumswirksamer und konnte mit vergleichsweise geringen Zusatzkosten mit der digitalen Umrüstung verbunden werden. Ohne diese digitale Unterstützung war sie indes kaum mehr einsatzfähig. Die Folge fasste der Filmmacher und 3D-Visionär Lenny Lipton treffend zusammen:

„Was als clevere Idee für ein Totschlagargument startete, um Kinobetreiber an die digitale Umrüstung festzunageln, gestaltete sich zur Möglichkeit, eine Menge Profit zu erwirtschaften, nachdem sich 3D als wahrer Star entpuppte.“⁴⁹

Eine Studie von Screen Digest benennt zusätzliche 10000 US-Dollar Einnahmen von Kinobesitzern pro Stereo3D Veröffentlichung.⁵⁰ Bestätigt wurde dies durch folgende Produktionen wie „Nightmare before Christmas 3D“ (2006), „Die Legende von Beowulf“ (2007) oder „Reise zum Mittelpunkt der Erde“ (2008).

Im Jahr 2009 begann daraufhin endgültig der aktuelle „Digital 3D-Boom“. Im Dezember stellte als erfolgreichster Film aller Zeiten „Avatar“ von Jim Cameron („Titanic“) alles bisher dagewesene in den Schatten. Ein Einspielergebnis von über

47 nach BOLLIGER, Dimension, 2010, S.58

48 MENDIBURU, Making, 2009, S.4

49 LIPTON, Clash, 2010, übers. vom Verfasser, Original: „What started as a clever scheme to foster a killer application to hook the exhibitor on digital projection turned out to be something else; it turned out to be a way to make a lot of profit as 3-D became the star.“

50 nach URBICHT/WAGNER, Betrieb, 2010, S.106

2,7 Milliarden US-Dollar⁵¹ spricht für sich selbst. Cameron perfektionierte nicht nur die Kombination aus Realschauspielern und computeranimierten Szenen, sondern auch die Einbettung der Stereo3D-Effekte in die Dramaturgie. Die Massenmedien berichteten, zahlreiche Filmemacher und Produzenten sprangen auf das Boot auf – 3D war in aller Munde. Und auch die Kinobesitzer folgten eifrig der Marschrichtung. Ende 2010 existierten bereits über 36000 digitale Kinoleinwände, ein Zuwachs von 123 Prozent im Gegensatz zum Vorjahr.⁵² In Deutschland sind bereits über 700 der knapp 4400 Leinwände Stereo3D-fähig.⁵³

Die technischen Probleme sind dank elektrisch steuerbarer Kamerasysteme und weitreichender Softwareunterstützung in der Postproduktion längst kalkulierbarer als in der Vergangenheit. Doch trotz alledem scheint das Publikum noch immer nicht zufrieden. Beschwerden treten weiterhin auf und nicht jeder ist begeistert von der dritten Dimension. Wenig hilfreich ist dabei ein Trend dieser aktuellen Phase, 2D-Filme am PC in ein dreidimensionales Format zu konvertieren. „Piranhas 3D“ (2010), „Thor“ (2011), „Priest 3D“ (2011) oder der zweite Teil des Harry Potter Finales (2011) sind aktuelle Beispiele. Von den ca. 55 Stereo3D-Filmen, die 2011 in Deutschland anlaufen, sind allein 10 konvertiert.⁵⁴

Auch werden ehemalige Blockbuster konvertiert und wiederaufgeführt. So soll „Titanic“ (1997), der zweiterfolgreichste Film aller Zeiten, 2012 in Stereo3D in den Kinos anlaufen. Weder ein Jahr Arbeit noch ein Team von 300-400 Menschen, wie es Regisseur James Cameron in einem Interview⁵⁵ aufzählte, kann allerdings aus einem 2D-Film einen 3D-Film zaubern, der einem in diesem Format produzierten gleichwertig ist. Bildinhalte und Tiefenhinweise, die nicht vorhanden sind, können zwar nachgestellt, aber niemals hergestellt werden. Das führt zu einem unperfekten 3D-Erlebnis.

Um sich von konvertierten Filmen abzugrenzen, könnte in der nächsten Zeit das selbstgeschaffene Qualitätssiegel „Shot in 3D“ auftauchen, wie es auf dem Filmplakat von „Drive Angry“ zu lesen ist. Andererseits ist auch eine Kennzeichnung für konvertierte Filme möglich, wie sie „Avatar“-Produzent Jon Landau 2011 selbst forderte.⁵⁶ Nichts von beidem hat sich allerdings bis heute etabliert.

51 siehe GRAB, Filme, o.J.,

52 nach HANCOCK, Digital, 2011, o.S.

53 nach DEHN, Content, 2011, S.65

54 siehe MARKS, 3D-Filme, 2011

55 siehe RITHDEE, Naturally, 2011

56 siehe CHU, Avatar, 2011

3 Stereo3D im 21. Jahrhundert

3.1 Der Begriff Stereo3D

Im Gegensatz zum 19. Jahrhundert, in dem für stereoskopische Produktionen eher der simple Begriff „3D“ gebräuchlich war, spricht man heutzutage zunehmend vom sogenannten Stereo3D (kurz S3D). Das hat den Grund, dass eine Verwechslungsgefahr mit der Art der 3D-Inhalte bestand, wie sie bei der Darstellung von Computergrafik in Animationsprogrammen oder PC-Spielen genutzt wird. Deren Dreidimensionalität bleibt auf die interne Verarbeitung beschränkt. Über das Display wird für die Augen lediglich ein und dasselbe Bild, also ein 2D-Bild ausgegeben. Erst die Verwendung eines der Stereo3D-Verfahren⁵⁷ erzeugt zwei verschiedene Bilder, eines für jedes Auge, worauf der Begriff „stereo“ basiert. Der Name Stereo3D grenzt sich somit von anderen Formen von 3D ab.

3.2 Zukunftsausblick

Betrachtet man die periodischen Hochphasen des stereoskopischen Filmes, so fällt auf, dass zwischen 1922, 1952, 1983 und 2003 jedes Mal 30 Jahre vergangen sind. Das entspricht der Dauer einer menschlichen Generation. Wurden die Erfahrungen der vergangenen Welle nicht mehr am eigenen Leib gemacht, bestand für den Unterhaltungssektor sowie das neue Publikum vermutlich der Anreiz, sich mit 3D zu beschäftigen. Konnte es sich dann nicht durchsetzen, fand der nächste Versuch in der nächstjüngeren Generation mit neuen technischen Mitteln statt. Desweiteren befinden und befanden sich Kino und Film in einer stetigen Metamorphose. Betrachtet man die historischen Ereignisse, so wird klar, dass die Richtung hin zum perfekten Abbild der Wirklichkeit führt, dem perfekten virtuellen Erlebnis. Erst Ton, dann Bild, dann Bild mit Ton, dazu kam Farbe, nun die dritte Dimension. Worum geht es? Die Wirklichkeit so perfekt abzubilden wie möglich oder Fiktion so real wie möglich erscheinen zu lassen? Vermutlich sind beides die unbewussten Ziele der visuellen Unterhaltung.

⁵⁷ siehe Kapitel „Geschichte der Stereoskopie“

Die Digitalisierung des heutigen Kinos, Postproduktion und die Verschmelzung aus Real- und Animationsfilm heben den S3D-Film ungleich aller bisherigen Hochphasen auf ein weiter perfektioniertes Level. Fehler können mit vorhandenen wandelbaren Werkzeugen sofort angegangen werden und große Welten entstehen in wenigen Augenblicken digital. Das Publikum soll in den Film hineingezogen werden und mitfühlen. Vielleicht machen all diese Entwicklungen den Sprung des S3D-Filmes auf eine dauerhafte Existenz endlich wahr, vielleicht führen andere Faktoren wie die 3D-Brille oder fehlende Qualität aber auch diesmal wieder zu einem endgültigen Abflachen der Welle.

Diese Zukunftsprognosen sind nicht Thema der Arbeit, doch erklären sie, wie wichtig ein exaktes, für den Zuschauer angenehmes und reales S3D-Bild und eine durchdachte Bildgestaltung für den Erfolg eines S3D-Filmes, aber auch für den Durchbruch des S3D-Filmes an sich notwendig sein kann.

*„[...] [W]ir vergraulen uns das Publikum, wenn wir nicht sorgsam mit ihm
umgehen.“⁵⁸*

⁵⁸ BRIEDE/BOLLIGER, Bildsprache, 2010, S.78

4 Wahrnehmungsphysiologische Grundlagen

Dass es zweier Augen benötigt, um dreidimensional zu sehen, ist ein Jahrhunderte alter Fakt. Schon der Mathematiker Euklid und Künstler da Vinci beschäftigten sich damit. Ihnen fiel das veränderte Bild zwischen beiden Augen auf, die Grundlage des menschlichen Sehens.⁵⁹ Im Gegensatz zum Tierreich überschneiden sich beide Blickwinkel unserer Augen nämlich durch die Anordnung nebeneinander enorm. So sind stets beide aktiv am Sehvorgang beteiligt.

Doch ein Trugschluss wäre, zu behaupten, nur dieser Fakt ließe uns Tiefe wahrnehmen. Vielmehr sind verschiedenste Arten von Tiefenhinweisen für den Sehvorgang von Hilfe.

4.1 Okulomotorische Tiefenhinweise

Auf Muskelbewegungen basierend, lassen sich unsere Augen steuern. Sowohl die Stellung des gesamten Auges als auch die Form der Augenlinse werden dabei verändert. Was zur Steuerung erforderlich ist, kann aber umgekehrt auch als Tiefenhinweis für das Gehirn dienen. Die entsprechenden Funktionen sind Konvergenz und Akkommodation.

Bewegen sich beide Augen in verschiedene Richtungen, so nennt man das Konvergenz. Die Pupillen bewegen sich dabei entweder aufeinander zu oder voneinander weg. Damit wird erreicht, dass auf einen Punkt mit beiden Augen fixiert werden kann. Das Licht dessen fällt dann auf die jeweils gleiche Stelle der Netzhaut - die Sehgrube. Anhand der Stellung der dabei beteiligten Muskeln kann im Gehirn nachvollzogen werden, wie weit entfernt der fixierte Punkt ungefähr liegt. Ab einem Abstand von zwanzig Metern fallen die Veränderung jedoch kaum mehr ins Gewicht⁶⁰, die Augen sind nahezu parallel ausgerichtet. Das bedeutet, dass der effektive Bereich dieser Information zwischen null und zwanzig Metern liegt. Eine Stellung der Augen nach außen über die Parallelstellung hinaus nennt man Divergenz und kann für die Muskeln unangenehm bis schmerzhaft werden.

Die Akkommodation läuft mit Hilfe von um die Augenlinse positionierten Muskeln

⁵⁹ vgl. ZONE, Origins, 2007, S.5

⁶⁰ nach TAUER, Stereo 3D, 2010, S.32

ab. Diese ziehen die Linse zusammen oder entspannen sie, was eine optische Brechungsänderung der einfallenden Strahlen bewirkt. Wenn dank der Konvergenz auf einen Punkt fixiert wurde, treffen die Strahlen eines Bildes nicht unbedingt in der Sehgrube zusammen, sondern davor oder dahinter. Die Folge ist Unscharfsehen. Die Brechungsänderung dank der Akkommodation lässt fixierte Punkte dementsprechend scharf erscheinen. Es gibt hierbei nur zwei Grenzen.

Zum einen die Nahgrenze, die zumeist zwischen 8cm im Kindesalter und bis zu 4 Metern im Alter⁶¹ betragen kann. Im Alter lässt die Kraft der Muskeln ersichtlich nach. Viel interessanter ist allerdings die Ferngrenze der Akkommodation. Denn schon ab 7 Metern Entfernung zu einem Objekt fallen die Strahlen desselben nahezu parallel auf die entspannte Linse und werden damit direkt auf die Sehgrube gebrochen⁶² (siehe Abbildung 1). Ab 7 Metern muss das Auge nicht weiter scharfstellen. Deshalb kann auch die Brechung in diese Richtung nicht weiter verändert werden, der Muskel hat hier seinen entspannten Zustand erreicht. Das bedeutet, dass die Akkommodation ab sieben Metern nicht mehr arbeitet, ein wichtiger Fakt für 3D-Kinobesucher⁶³.

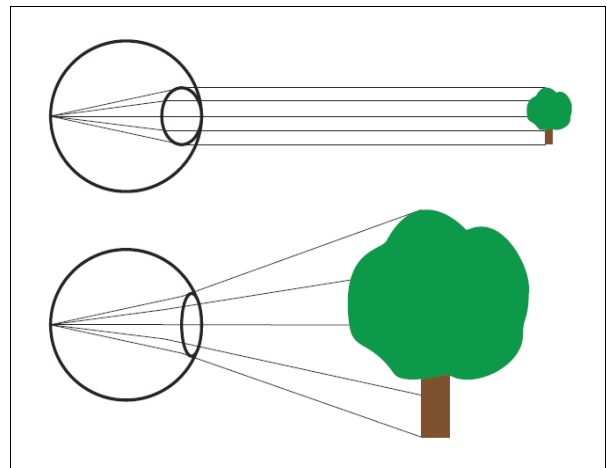


Abb.1: Akkommodation bei fernen und nahen Objekten

Konvergenz und Akkommodation werden in der Regel miteinander verkoppelt ausgewertet. Beim Betrachten von 3D-Filmen mit einem Bildschirmabstand unter 7 Metern kann es so zu einem Konflikt beider führen. Während die Augen ständig auf verschiedene Entfernungen konvergieren, bleibt die Akkommodation dagegen immer auf den Bildschirm scharf gestellt. Dieser Konflikt wird im Kapitel „Beschwerden“ näher betrachtet.

4.2 Visuelle Tiefenhinweise

Diese betreffen optisch sichtbare Dinge und werden in monokulare und binokulare Tiefenhinweise unterteilt. Die monokularen, auf ein einzelnes Auge beschränkten,

⁶¹ nach TAUER, Stereo 3D, 2010, S.39

⁶² vgl. ebd., S.28

⁶³ siehe Kapitel „Beschwerden“

werden aufgrund des besseren Verständnisses erst im Kapitel „Bildgestaltende Parameter“ behandelt.

Die binokularen Tiefenhinweise hingegen beschreiben die Vorgänge mit Hilfe zweier Augen und sind für die Räumlichkeitswirkung ausschlaggebend. In erster Linie können damit kurze Entfernungen und Größenverhältnisse besser eingeschätzt werden, als es mit einem Auge der Fall ist. Deutlich werden die Nachteile eines einzelnen Auges bei optischen Täuschungen wie dem Ames'schen Raum. Der Erfinder Adelbert Ames konstruierte dafür einen windschiefen Raum, in den der Betrachter durch ein Guckloch mit nur einem Auge blickt. In ihm wirken zwei nebeneinander stehende Menschen im Vergleich wie Riese und Zwerg. In Wahrheit stehen sie jedoch weit voneinander entfernt, was durch die Konstruktion nicht ersichtlich ist. Würde der Betrachter mit zwei Augen in den Raum blicken, fiel die Illusion auf.

Wie läuft also das binokulare Sehen ab? Notwendig ist zunächst der Abstand zwischen beiden Augen, Interpupillardistanz genannt. Diese kann zwischen 5,8 und 7cm betragen. Als mittlerer Wert gilt 6,3cm, oft wird auch von 6,5cm ausgegangen.⁶⁴ Im amerikanischen Raum gelten entsprechende 2,5 Zoll⁶⁵. Wenn beide Augen einen Punkt fixieren, fällt wie bereits erwähnt dessen Licht auf die gleiche Stelle in jedem Auge, den Fixationspunkt. Dieser liegt in der Sehgrube und stellt den Ort der meisten Rezeptoren auf der Netzhaut dar. Somit sehen wir den fixierten Punkt detailliert und scharf. Doch nicht nur das Licht dieses Punktes fällt ein, sondern das des kompletten sichtbaren Bereiches. Aufgrund der konvergierten Stellung der Augen fallen nun Objekte außerhalb des fixierten Punktes auf verschiedene Stellen der Netzhaut. In Abbildung 2 tut dies der entfernte Baum. Dieser Sachverhalt wird Disparität genannt. Sie kann entweder als Längenmaß oder als Winkelmaß den Abstand zwischen den beiden korrespondierenden Punkten auf der Netzhaut beschreiben.

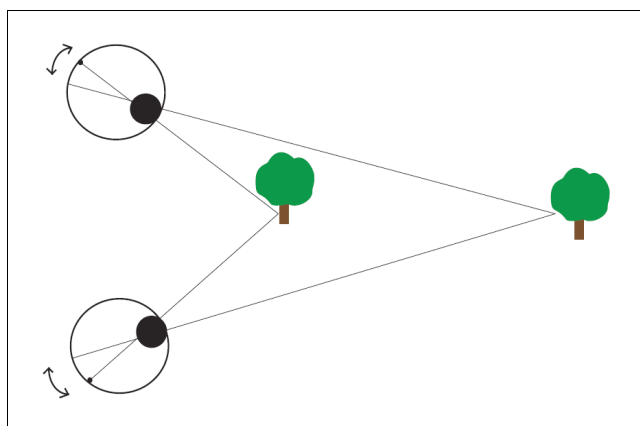


Abb.2: Disparität

Dank des Gehirns werden diese Informationen anschließend ausgewertet. Extra

⁶⁴ nach DODGSON, Variation, 2004, S.45

⁶⁵ nach MENDIBURU, Making, 2009, S.86

dafür vorhandene Stereoneurone erkennen gleiche Bildinhalte auf der Netzhaut und deren Disparität. Positive Disparitäten werden als weiter entfernt vom fixierten Punkt und negative als näher in Bezug auf diesen ausgewertet.⁶⁶ Die Tiefeneinschätzung mit Hilfe von Disparitäten läuft somit immer relativ zum fixierten Punkt ab und ist damit kein Indiz für die wahre Entfernung zum Betrachter. Und auch sie hat Grenzen. Die feinsten Disparitäten werden bei einer Objektentfernung von ca. 1,5km⁶⁷ wahrgenommen. Darüber hinaus endet die Tiefenauflösung aufgrund der Größe und Anordnung der Netzhautrezeptoren und Objekte können nicht mehr als weiter entfernt oder näher eingeordnet werden. Doch schon ab 20 Metern kommen hauptsächlich andere Tiefenhinweise zur Geltung.⁶⁸ Ebenfalls existiert eine Obergrenze der Disparität. Diese ist durch die Größe der Sehgrube bestimmt, in der die wichtigen Stereoneurone sitzen. Ihr Durchmesser beträgt 1,5°⁶⁹, was bedeutet, dass ein Objekt mit einem Winkelunterschied von über 1,5° zwischen beiden Netzhäuten zunächst nicht als Einzelobjekt wahrgenommen wird.

Der Vorgang der Disparitätenauswertung wird Stereopsis genannt und ist einer der wichtigsten Vorgänge des binokularen Sehens. Die Stereopsis kann feinste Tiefeninformationen eines anvisierten Punktes



Abb.3: Random Dot Stereogramme

erkennen und gibt die relative Lage der Umgebung wieder. Deutlich wird sie beim Betrachten eines sogenannten „Random Dot Stereogramme“ (siehe Abbildung 3, im Kreuzblick zu betrachten), in dem jeglicher Tiefenhinweis bis auf die Disparität fehlt.⁷⁰ Der Kognitionswissenschaftler Belá Julesz bewies damit, dass die Stereopsis im Gehirn abläuft.

Da unser Blickfeld hingegen nicht nur auf den fixierten Punkt beschränkt ist, kommen neben der Stereopsis weitere Funktionen zur Geltung, die das Gesamtbild, wie wir es kennen, ermöglichen.

Das tatsächliche Bild, wie wir es beim Blick auf einen Punkt sehen, besteht aus

⁶⁶ siehe TAUER, Stereo 3D, 2010, S.61

⁶⁷ vgl. LIPTON, Foundations, 1982, S.108

⁶⁸ siehe TAUER, Stereo 3D, 2010, S.39

⁶⁹ nach ebd., S.26

⁷⁰ siehe JULESZ, Binocular, 1964, S.361

eben diesem scharfen, aber winzigen Bereich und der extrem unscharfen Umgebung. Deshalb sind wir gezwungen, einem Scanner ähnlich, den Sichtbereich ständig abzutasten. Diese Augenbewegungen nennen sich Sakkaden⁷¹. Damit baut das Gehirn ein Gesamtbild zusammen, dessen gerade nicht fixierten Bildanteile mit Informationen aus der Erinnerung grob gefüllt werden. Damit trotzdem nichts von Bedeutung unbemerkt bleibt, reagieren die äußeren Bereiche der Netzhaut speziell auf Bewegungen, worauf sofort mit einer Neufixierung geantwortet werden kann.

Aus den bisherigen Vorgängen wird klar, dass unser Gehirn weit mehr an der Bildentstehung beteiligt ist als gedacht. Es wäre falsch, zu glauben, beide Bilder würden einfach übereinandergelegt wahrgenommen, denn ein solches entstehendes Doppelbild wäre nur verwirrend. Das Gehirn ist dagegen in der Lage, beide Bilder dank der Stereopsis auszuwerten und mit Hilfe der sogenannten Fusion zu einem einzigen zu verschmelzen. Dieses Bild wird mittig zwischen den Augen gesehen.⁷² An Stellen, die Disparitäten aufweisen, kommt die Fusion besonders zum Einsatz. Auch hier gibt es jedoch Toleranzgrenzen. Sind die Disparitäten zu groß, kann nicht mehr fusioniert werden und ein anderer Mechanismus kommt zur Geltung - die Unterdrückung oder Suppression. Dabei werden entweder die Bildanteile beider rivalisierenden Doppelbilder oder ein Teilbild unterdrückt.⁷³

Ein Praxisbeispiel, in dem beide Mechanismen gut deutlich werden, kann man mit zwei Fingern erzeugen. Dazu muss der Blick auf den linken Zeigefinger in einem Abstand von ca. 30cm vor den Augen fixiert werden und der rechte Zeigefinger sich um diesen bewegen. Je weiter nach hinten oder vorn der rechte Finger sich dabei vom linken entfernt, desto deutlicher sieht man die Entstehung von Doppelbildern. Wird sich nicht so deutlich darauf konzentriert, erscheint der rechte in den meisten Fällen als einfach gesehen. Das erreicht innerhalb eines Toleranzbereiches die Fusion und über diesen hinaus die Unterdrückung.

Dieser Toleranzbereich wird Panumraum genannt. Ihm zugrunde liegt der Sachverhalt, dass die Fusion bei geringen Disparitäten am besten arbeiten kann und dass auf gleichen Stellen der Netzhaut keine Disparität entsteht. Nicht nur der fixierte Punkt, sondern auch Stellen links und rechts neben ihm, fallen diesbezüglich auf korrespondierende Netzhautstellen. So entsteht eine Linie von

71 siehe TAUER, Stereo 3D, 2010, S.30

72 nach ebd., S.55

73 nach ebd., S.73

Nulldisparitäten, um die sich der Panumraum legt. Diese Linie wird Horopter genannt (siehe Abbildung 4). Wichtig ist zu verstehen, dass sich Horopter und Panumraum jeweils am fixierten Punkt ausrichten und damit relativ sind.

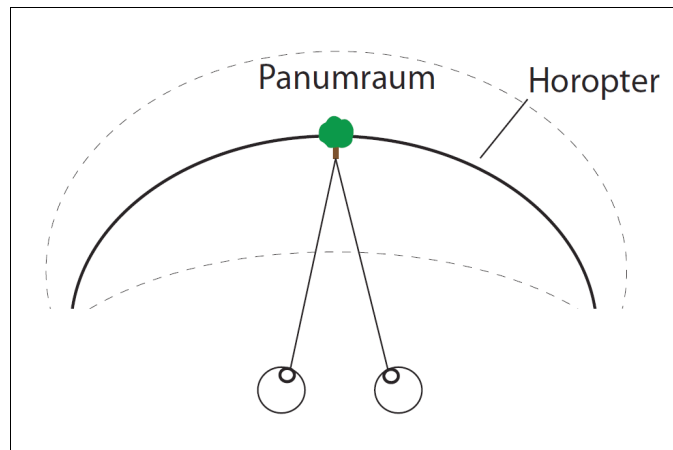


Abb.4: Panumraum und Horopter

Fusion und Unterdrückung stellen einen großen Unterschied beim Betrachten eines S3D-Filmes und der natürlichen Wahrnehmung dar. Denn beim Film können sie aufgrund fehlender Informationen wie Akkommodation nur sehr eingeschränkt wirken. Bei zu großen Disparitäten oder Teilbildunterschieden kommt es hierbei schnell zur binokularen Rivalität. Das heißt das Gehirn springt zwischen beiden Bildern unangenehm hin und her anstatt ein Bild zu unterdrücken. Der Unterdrückungsmechanismus nimmt schon ab einer Disparität von $0,3^\circ$ ab, Disparitäten ab $1,5^\circ$ sollten beim Stereo3D-Bild ganz vermieden werden.⁷⁴ Diese Erkenntnisse sind die Grundlage jedes gesunden Bildaufbaus. Es muss am Set immer und immer wieder auf genau diese Disparitäten geachtet werden.

Wie sich herausgestellt hat, wird die visuelle Wahrnehmung zum Großteil vom Gehirn bestimmt. Die Anpassung an unterschiedlichste Verhältnisse wird dadurch gewährleistet. So ist es auch das Gehirn, welches bei Beeinträchtigungen des Sehapparates weiterhin bestmögliche Ergebnisse zu liefern versucht. Kann die Stereopsis beispielsweise aus bestimmten Gründen nicht einwandfrei ablaufen, ist es gut möglich, dass die Person keine Einschränkungen bemerkt. Was das jedoch für das Betrachten eines Stereo3D-Filmes bedeutet, wird vorwiegend im folgenden Kapitel behandelt.

⁷⁴ siehe TAUER, Stereo3D, 2010, S.25

5 Mögliche Beschwerden beim Betrachten eines Stereo3D-Filmes

Dieses Kapitel ist der Aufklärung gedacht, da sich noch immer hartnäckige Mythen halten, die von einer Gefahr für den Sehapparat und ungesunden Folgen berichten. In der Geschichte der Stereoskopie gab es in der Tat viele Beispiele für mangelhafte Stereoqualität, allen voran das veraltete Anaglyphverfahren. Oft waren und sind es aber mangelnde Kenntnisse der Filmmacher, die zu enttäuschenden Ergebnissen führen. Gerade wenn sich ein Team das erste Mal an das Thema „3D“ wagt, kann davon ausgegangen werden, dass vor dem gewünschten Ergebnis zahlreiche Experimente und Tests anstehen. Ist dafür keine Zeit vorhanden, sollte auf die dritte Dimension lieber verzichtet werden.

5.1 Unverhinderbare Beschwerden

Das größte Manko des aktuellen S3D-Filmes ist der Fakt, dass 2-5% aller Menschen nicht stereo sehen können. Zusätzliche 10-15% haben eine mehr oder weniger eingeschränkte Funktion der Stereopsis.⁷⁵ Dies sind Näherungswerte nach Lipton, basierend auf verschiedenen Studien und eigenen Erfahrungen. Sie stimmen mit weiteren Angaben überein, sodass man von deren Richtigkeit ausgehen kann. Das heißt, dass in einem großen Kinosaal mit 400 Sitzplätzen allein ca. 16 Personen keine 3D-Effekte und mehr als 50 weitere kein perfektes Erlebnis erhalten. Diese Stereoblindheit oder Stereopsisprobleme sind zumeist angeboren, die betroffenen Personen bekommen davon jedoch meist nichts mit und wundern sich erst, wenn bei ihnen kein besonderer Effekt im Kino auftritt. Ihr Gehirn gleicht die fehlenden Informationen mit einer gesteigerten Beachtung anderer Tiefenhinweise wie die monokularen aus. Die Folge ist eine Bewertung von S3D als normales 2D. Eine Lösung dafür gibt es nicht, da es für Stereoblindheit viele mögliche Ursachen geben kann. Es ist aber vielleicht ein Trost, dass die Filme für die betroffenen Personen dennoch schaubar bleiben, wenn auch ein Ticketaufpreis ungerechtfertigt wird.

Eine weiteres Phänomen leitet sich aus der Umkehrung der Seekrankheit ab. Auf einem Schiff signalisiert das Gleichgewichtsorgan Bewegungen, die Augen

⁷⁵ nach LIPTON, Foundations, 1982, S.78f.
nach DEHN, Content, 2011, S.64

dagegen nicht. Im Kino ist es möglich, dass das Ruhe signalisierende Gleichgewichtsorgan mit schnelle Bewegungen wahrnehmenden Augen in Rivalität steht. So kann es auch hier zu Übelkeit wie auf einem Schiff kommen. Beim 2D-Film ist dieses Symptom so gut wie nie zu beobachten, ein Film in S3D kommt der realen Wahrnehmung jedoch näher und kann dadurch diesen Effekt hervorrufen. Obwohl nicht geklärt ist, in welchem Maße auftretende Übelkeit diesem Fakt überhaupt zuzuschreiben ist, so ist dessen Lösungsansatz interessant. Desensibilisierung wird bei Reisekrankheiten eingesetzt und kann auch für das 3D-Kino hilfreich sein. Bei jedem Schauen eines S3D-Filmes kommt der Gewöhnungseffekt mehr zur Geltung.

„3D bringt uns ja die Filmbilder näher an die Realität, dadurch gibt es einen schnellen Adaptionsprozess des Gehirns an diese neue Art der Filmdarstellung. Das merkt man ja auch schon wenn man sich einen Spielfilm in 3D anschaut. In den ersten 30, 40 Minuten ist 3D als räumlicher Effekt wahrnehmbar [...], in der zweiten Hälfte des Films wird es dann meist schon zu einer Normalität.“⁷⁶

Desensibilisierung kann auch beim nächsten Problem helfen. Immer wieder steht in Artikeln über S3D etwas von der Diskrepanz zwischen Konvergenz und Akkommodation, auch A/C-Breakdown genannt. Die Augen stellen die Leinwand scharf, obwohl das fixierte Objekt viel weiter davor oder dahinter liegt. Dieses Problem wird meist richtig erkannt, aber falsch dargestellt. Ein Beispiel:

„Im Kino richten wir unsere Augen auf die Leinwand, während unser Fokus überall im Raum umher irrt. Das ist das der Grund, warum man Kopfschmerzen kriegt.“⁷⁷

Diese verwirrende Aussage stellt erfahrungsgemäß das Resultat dar, welches bei Lesern eines solchen Artikels hängen bleibt. Doch beginnen wir mit der enthaltenen Wahrheit. Wie im vorangegangenen Kapitel dargestellt wurde, sind die Konvergenz und die Akkommodation miteinander verkoppelt und bedingen sich auch gegenseitig. Ein Betrachter, der durchgängig auf die Leinwand akkommodiert, jedoch auf unterschiedliche Entfernungen konvergiert, ist tatsächlich gezwungen, entgegen dieser Verkopplung zu arbeiten. Während die meisten Menschen sich an diese Situation schnell anpassen können, reagieren manche hingegen empfindlich.⁷⁸ Nun kann man den Schluss ziehen, damit alle

⁷⁶ KLUGER/ENZIAN, Nichts, 2010, S.6

⁷⁷ CORDES, 3D-Kino, 2011

⁷⁸ nach URBICHT/WAGNER, Betrieb, 2010, S.106

körperlichen Beschwerden im 3D-Kino begründen zu können. Was aber oft nicht beachtet wird, ist der schon erwähnte Fakt, dass die Akkommodationsänderung mit zunehmender Entfernung geringer wird und ab 7 Metern unverändert bleibt. Hier beginnt schon der Unendlichkeitsbereich. Damit sind Kinobesucher, die sich nicht gerade in die ersten Reihen setzen, von diesem Problem nicht gar nicht betroffen. Es kann hier lediglich dann auftreten, wenn Objekte sehr nah in den Zuschauerraum ragen.⁷⁹ Das geschieht in heutigen Film nur noch selten und kurz.

„It may apply to the first row or two, but people who sit in those rows know they are in for a special experience and seek it out.“⁸⁰

Bei der Wiedergabe mit einem S3D-Fernseher oder Projektor ist der Betrachtungsabstand nicht gewährleistet, wodurch die Diskrepanz besonders im maximalen Fernbereich auftritt. Dieser wird hier allerdings nur selten erreicht.⁸¹

Neben einem hohen Betrachtungsabstand gibt es weitere Möglichkeiten, die Folgen der Diskrepanz zu vermindern. Zum einen helfen helle Displays dabei, die Pupille ähnlich der Kamerablende zu verkleinern und damit die Schärfentiefe zu vergrößern, wobei der Spielraum der Akkommodation erhöht wird.⁸² Zum anderen kann sich der Sehapparat an diese Entkoppelung gewöhnen. Ähnlich wie das Betrachten von Stereobildern mit Hilfe des Kreuzblickes (siehe Random Dot Stereogramme) erlernt werden kann - hier findet dieselbe Entkoppelung statt - so kann sich das Gehirn an die neue Form des Blickes gewöhnen.

5.2 Verhinderbare Beschwerden

Nur ein schlechtes S3D-Bild kann die schwerwiegendsten Beeinträchtigungen hervorrufen. Die Folge dieser unbedingt zu verhindernden Mängel ist visuelle Überforderung. Sie zeigt sich durch momentane Orientierungslosigkeit bis hin zu Übelkeit und Kopfschmerzen.

Absolut zu vermeiden sind Bilder, die zu einer divergenten (nach außen schielenden) Stellung der Augen führen würden. Zwar sind diese aufgrund der Größe der Sehgrube bis zu einer Disparität von 1,5° noch immer verarbeitbar⁸³,

⁷⁹ siehe TAUER, Stereo3D, 2010, S.111

⁸⁰ LIPTON, Composition, 2009

⁸¹ nach TAUER, Stereo3D, 2010, S.111f.

⁸² nach ebd., S.111

⁸³ siehe ebd., S.26

stellen aber ein unnatürliches und unangenehmes Sehen dar. Davon ausgegangen, dass die maximalen positiven Disparitäten bei einem S3D-Film eine Parallelstellung der Augen bewirken und von einem mittleren Augenabstand von 6,3cm ausgegangen wird, kann vermutet werden, dass Kinder mit einem weitaus geringeren Augenabstand diese Grenze öfter überschreiten. Zur Klärung sind zwei Tatsachen von Bedeutung. Einerseits steigt die Toleranzgrenze mit zunehmender Entfernung zur Leinwand. Ein divergentes Bild erscheint aus ein paar Metern weiter betrachtet nicht mehr überfordernd, da die Augenmuskeln mehr Spielraum erhalten. Die Werte eines Stereo3D-Filmes sollten außerdem so angepasst werden, dass auch vordere Reihen ein zufriedenstellendes Ergebnis erhalten, somit werden Grenzwerte auf hinteren Sitzplätzen erst recht nicht erreicht. Andererseits sind die Augenmuskeln im Kindesalter derart flexibel, dass sie sehr hohe Toleranzen aufweisen. Ihr Sehapparat ist noch nicht vollständig entwickelt und kann sich deshalb eher auf neue Situationen einstellen als es im Erwachsenenalter der Fall ist.⁸⁴

Wie bei einer Divergenz, so sind auch höhenversetzte Bilder bis zu 1,5° Disparität verarbeitbar. Hier kann dennoch keine Stereopsis stattfinden, denn unsere Augen bewegen sich nicht voneinander unabhängig in vertikaler Richtung. Dies wäre die größte Gefahr beim Betrachten eines Stereobildes und würde zu Augenschmerzen führen.⁸⁵ Aber auch auf andere geometrische Asynchronitäten der beiden Teilbilder wie Verzeichnung, Rotationsunterschiede und Größenunterschiede muss geachtet werden. Weitere Teilbildunterschiede, die es in der Regel zu vermeiden gilt, sind Helligkeits- und Farbunterschiede, zeitliche Versetzung, Scheinfensterverletzungen und Ghosting⁸⁶. Die beiden letzten werden im Kapitel der Parameter eingehend erklärt.

Alle Teilbildunterschiede (auch Teilbildkonflikte genannt) können im Prinzip bei der Aufnahme oder bei der Projektion entstehen. Eine Feinjustage und ständige Kontrolle sind eine Notwendigkeit. Projektionssysteme mit nur einem Projektor wie „RealD“ sind hier zwar im Vorteil, aufgrund wiederum anderer Nachteile gibt es jedoch kein System, dass eine fehlerfreie Wiedergabe ohne Justage ermöglicht.

Die Teilbildunterschiede können auch beim natürlichen Sehen auftreten. Dann antwortet das Gehirn hingegen mit dem Bilden von Mittelwerten oder mit Unterdrückung. Bei S3D-Bildern ist dies nicht so einfach möglich, hier bleiben die

⁸⁴ siehe LIPTON, Foundations, 1982, S.78

⁸⁵ vgl. ebd., S.185

⁸⁶ siehe Kapitel „Kontrast“

Unterschiede sichtbar und können ablenken oder überfordern. Aus diesem Grund müssen sie bestmöglich vermieden werden.

„Ein guter 3D-Film zeichnet sich meines Erachtens dadurch aus, dass der Zuschauer nach einer gewissen Zeit vergisst, in einem 3D-Film zu sitzen [...].“⁸⁷

⁸⁷ MAIER/BOLLIGER, Intensität, 2011, S.58

6 Das Stereo3D-Bild

6.1 Bei der Wiedergabe

Der Grundbestandteil eines Stereo3D-Bildes sind zwei gleichzeitig projizierte und nahezu identische Teilbilder, dessen Bildinhalt objektabhängig unterschiedlich zueinander verschoben ist. Diese horizontale Verschiebung wird Parallaxe genannt und erzielt Disparitäten in den Augen. Angegeben wird die Parallaxe als Längenmaß, Pixelanzahl oder Prozentanteil der Bildbreite. Sie kann allerdings auch als Winkelmaß in Bezug auf die Augenstellung angegeben werden, womit ein direkter Zusammenhang zur Disparität auf der Netzhaut geschaffen ist. So können auch leichter die Auswirkungen verschiedener Bildschirmgrößen verglichen werden. In der Praxis wird sich aber meist auf eine Zielgröße festgelegt und die Parallaxe in Pixel oder Prozent aufgeführt.

Anhand der Abbildung 5 werden die Auswirkungen der Parallaxe deutlich. Ein Objekt ohne Parallaxe erzeugt das Konvergieren der Augen direkt auf die Leinwand. Dieses Objekt erscheint auch im Stereobild in dieser Entfernung, ähnlich wie in

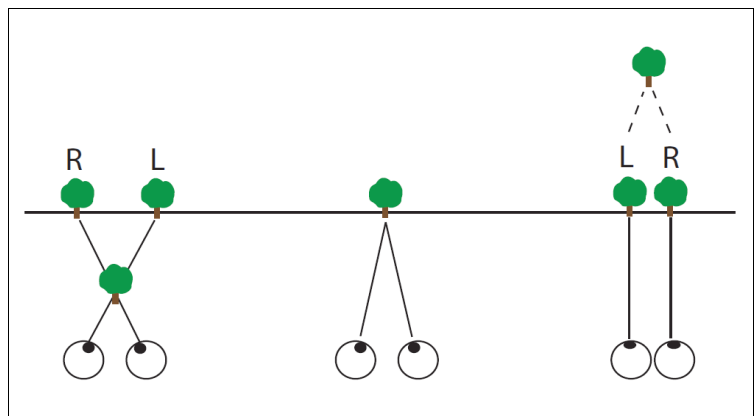


Abb.5: Negative, Null- und positive Parallaxe

2D. Sie wird deshalb Nullparallaxe genannt. Ein Objekt, dessen Parallaxe positiv ist, lässt das Objekt hinter der Leinwand erscheinen, bis hin zur Unendlichkeit, wenn die Augen parallel stehen. Die Parallaxe entspricht dann dem mittleren Augenabstand und damit 6,3cm. Eine negative Parallaxe führt zu einem Blick über Kreuz, an dessen Schnittpunkt das Objekt erscheint. Damit befindet es sich vor der Leinwand. Eine negative Parallaxe von 6,3cm würde ein Objekt beispielsweise auf der Hälfte der Entfernung von Leinwand zum Betrachter darstellen.

Alle Punkte mit einer Nullparallaxe liegen auf der sogenannten Nullebene und damit auf der Ebene der Leinwand. Außen um die Leinwand begrenzen die Bildränder das S3D-Bild, auch Scheinfenster genannt. Diese Scheinfensterebene

bestimmt am Ende, welcher Teil des Bildes davor oder dahinter liegt. Leinwand, Nullebene und Scheinfensterebene beschreiben auf den ersten Blick dasselbe. Doch unterscheiden sich die Begriffe in ihrem Kontext. Die Leinwand stellt die bloße Projektionsfläche dar und spielt bei einem S3D-Bild zunächst keine weitere Rolle. Als Nullebene bezeichnet man die Ebene bei der Aufnahme, die letztendlich „Davor“ und „Dahinter“ trennen soll. Sie kann nachträglich in der Postproduktion im Bild nach hinten und nach vorn verschoben werden. Die Scheinfensterebene bezieht sich wiederum auf die Wiedergabe und kann mit einem Trick von der Leinwand entkoppelt werden. Sie entspricht im Prinzip aber der Nullebene.

6.2 Bei der Aufnahme

Im Gegensatz zur 2D-Aufnahme ist es bei S3D nicht möglich, ein beliebiges mit der Kamera sichtbares Bild ohne weiteres zu projizieren. Das Kapitel „Beschwerden“ hat gezeigt, welche Gefahren für den Zuschauer entstehen können. Ein 2D-Bild kann entweder gefallen oder nicht gefallen. Ein falsches S3D-Bild kann mitunter erst gar nicht betrachtet werden.

Ein wichtiger Teil der Einstellungen wird bereits am Set festgelegt und bestimmt das Ergebnis maßgeblich. Besonders Tiefe beeinflussende Faktoren spielen eine Rolle. Denn die S3D-Technik sieht im Kino nur den Tiefenspielraum vor, den Disparitäten und andere Begrenzungen zulassen. In diesen Raum muss also die reale Welt gezwängt werden. Dieser Tiefenumfang muss in jeder Einstellung justiert und angepasst werden, damit das wiedergegebene Bild dem realen entspricht.

Drei Faktoren beeinflussen die Tiefe entscheidend. Wie beim Auge so ist auch bei der Aufnahme der Abstand zwischen beiden Kameras die grundlegende Eigenschaft für ein S3D-Bild. Dieser Abstand wird Stereobasis genannt. Im Gegensatz zu früher, als man davon ausging, dass die Basis dem mittleren Augenabstand von 6,3cm entsprechen müsse, kann und muss sie jedoch variiert werden. Dabei sind Abstände von wenigen Millimetern bis zu mehreren Metern möglich. Die Brennweite entscheidet nicht nur über den Bildausschnitt, sondern aufgrund optischer Zusammenhänge auch über die Tiefe. Genauso auch der Abstand des nächsten und des entferntesten Objektes einer Einstellung. Ist dieser zu groß oder zu klein, müssen die anderen Faktoren angepasst werden, damit beide Objekte überhaupt in das S3D-Bild „passen“.

Ein wichtiger Unterschied ist die Anordnung der Kameras zueinander. Sie können parallel oder konvergiert ausgerichtet werden. In der Anfangszeit des Stereoskopiefilmes waren konvergierte Kameras eine gute Möglichkeit, die Nullebene zu bestimmen, denn wo sie sich kreuzen (Konvergenzpunkt), entstehen keine Parallaxen und die dort befindlichen Objekte liegen auf der Nullebene. Heutzutage wird hingegen meist eine Parallelstellung bevorzugt, da diese flexibler für die Möglichkeiten der Nachbearbeitung ist.⁸⁸

Desweiteren spielen zwei Faktoren schon am Set eine wichtige Rolle, die eigentlich erst bei der Wiedergabe auftauchen. Nämlich die Leinwandgröße und der Betrachtungsabstand. Ein Stereo3D-Film wird für ein bestimmtes Wiedergabemedium (meist ein Standardkinosaal) zugeschnitten gedreht und kann unverändert in dieser Form beispielsweise nicht auf einem TV-Gerät gezeigt werden.

⁸⁸ siehe Kapitel „Eingedrehte oder parallele Kameras“

7 Eine Standardabfolge am Set

Es existiert wie auch bei einer 2D-Produktion keine wahre Standardabfolge, da jede Situation eine andere Vorgehensweise nötig macht und auch die Konzentration auf ein kreatives Element andere hinten anstellen kann. Um allerdings ein Gefühl dafür zu bekommen, wie mit den erwähnten Faktoren umgegangen wird, soll hier eine mögliche Abfolge aufgezeigt werden.

Eine logischer Ablauf wäre, zuerst die Kameraposition festzulegen, dann die Brennweite, Bildinhalte und Objekte festzulegen oder zu positionieren und aus diesen Werten unter Berücksichtigung der Größe des Wiedergabebildschirms die optimale Stereobasis zu errechnen.⁸⁹ Ist diese mit dem Kamerasystem nicht umzusetzen, so muss ein anderer Wert geändert werden, der eine andere Stereobasis möglich macht. Außerdem muss stets der Tiefenumfang kontrolliert werden, das heißt die Differenz zwischen maximalen und minimalen in der Einstellung auftretenden Parallaxen und damit Disparitäten. Überschreitet diese Differenz die maximalen $1,5^\circ$ der Sehgrube, wird ein angenehmes Bild schon bei der Aufnahme verhindert. Als Daumenregel gilt immer: Die kleinsten möglichen Parallaxen verwenden!

Wie sich in späteren Kapiteln herausstellt, existieren verschiedene Wege, mit Zahlenwerten am Set umzugehen, um Stereobasis etc. zu ermitteln. Es gibt dazu zahlreiche Formeln, Tabellen und mittlerweile direkt zugeschnittene S3D-Software. Doch keine Berechnung kann alle Umstände und Verhältnisse vor Ort mit einbeziehen, sodass immer die persönliche Erfahrung das wichtigste Kriterium bleibt.

„Man kann das [S3D-Bild] technisch perfekt einstellen und dann wird man es je nach der gewünschten Tiefenwirkung vielleicht in der einen oder anderen Weise von den Einstellungen her verändern.“⁹⁰

Zusammenfassend können drei Goldene Regeln aus der Stereofotografie übernommen werden, die die Deutsche Gesellschaft für Stereoskopie e.V. aufgestellt hat. Nach der Aufnahmeregul darf der Tiefenumfang einer Einstellung nicht zu groß und nach der Wiedergaberegul die Parallaxenwerte für die Augen nicht zu groß sein; die Rahmenregel besagt, dass kein Objekt seitlich angeschnitten werden darf, wenn es in den Zuschauerraum ragt.

⁸⁹ nach ENZIAN, Einführungen, 2010, S.2

⁹⁰ KLUGER/ENZIAN, Nichts, 2010, S.2

8 Bildgestaltung in Stereo3D

Die Wahl der richtigen Bildgestaltung ist zunächst die Wahl der richtigen Ziele. Unabhängig davon, ob in zwei oder drei Dimensionen gedreht, beinhaltet jeder Film eine eigene Bildsprache. Es ist von Nachteil, die Begriffe richtig oder falsch für die Bildgestaltung voreilig zu benutzen, solange die Ziele nicht fest definiert wurden. Erst wenn es gilt, festgelegte Ziele zu unterstützen, kann man von schlechter oder guter Bildgestaltung sprechen.

Um die Ziele des S3D-Filmes an sich zu verstehen, ist ein Blick auf die Art der Weiterentwicklung im Vergleich zum 2D-Film nötig. Am besten kann man das mit dem Übergang vom Mono- zum Stereoton vergleichen. Ein 2D-Bild ist genauso beschränkt wie Monosound, und ein S3D-Bild in gleichem Maße weiterentwickelt wie Stereoton. Es ist eine Information dazugekommen, die eine räumliche Einordnung besser möglich macht, da wir sowohl zwei Augen als auch Ohren besitzen. Doch wie Stereoton allein noch nicht die Nachbildung der Wirklichkeit darstellt, so ist auch ein S3D-Bild weit davon entfernt. Im Audibereich gibt es dafür die Aufnahme mit Hilfe des sogenannten Kunstkopfes und spezieller Mikrofone. Der Kunstkopf ist dem menschlichen Kopf und Gehörgang nachgebildet, die Mikrofone sitzen an der selben Stelle wie die Ohren und so nehmen aufgenommene Töne denselben Weg. Eine Art perfektes Surroundenerlebnis ist damit nahezu möglich, solange der Hörer anschließend Kopfhörer benutzt. Diese Form der Realitätsnachbildung ist beim S3D-Bild nicht möglich. Es besitzt Einschränkungen, die wir als unecht empfinden.

„A true 3D image would allow us to see around objects in the picture.“⁹¹

Ein S3D-Bild täuscht unseren Augen mehr Realität vor, als es beinhaltet. Weder reagiert es auf Kopfbewegungen, noch lässt es eine naturgetreue Fokussierung unserer Augen zu. Schärfentiefe, Blickwinkel und Tiefenausdehnung sind im Bild festgelegt. Diese Starrheit stellt das größte Manko der S3D-Technik dar und muss mit der Bildgestaltung möglichst kaschiert werden. Ist dies gegeben, erreicht der zusätzliche binokulare Tiefenhinweis die realitätsnähere Wiedergabe als bei einem 2D-Bild. Mehr Realität ist mit dem aktuellen Stand der Technik beim Kino nicht möglich. Virtuelle Realität mit Hilfe von Trackingwerkzeugen und Videobrillen bleibt auch weiterhin auf Einzelpersonen beschränkt. Trotzdem führt die aktuelle S3D-Technik dazu, das Publikum näher am Geschehen teilhaben zu lassen. Mit

⁹¹ EBU, Report, 2010, S.7

diesem „Mittendrin-Gefühl“ werben 3D-Kinos und -Filme seit Anbeginn der Stereoskopie. Wissenschaftlich ausgedrückt nennt man die Effekte Immersion und Präsenz.

Die Immersion beschreibt das Vertiefen des Zuschauers in den Film, das Vergessen der Zuschauerrolle und die direkte Teilnahme am Geschehen. Die Ich-Perspektive ist deshalb im S3D-Film so beliebt. Man denke nur an all die Achterbahnfahrten in kleinen Jahrmarktsimulatoren. Laut Messungen erzeugt ein S3D-Bild eine vielfach erhöhte Sinneswahrnehmung und gesteigerte Informationsverarbeitung, was zu mehr Immersion und einem intensiveren Filmerlebnis führt.⁹² Präsenz beschreibt die Form der virtuellen Realität, bei der virtuell vorhandene Objekte als real erleb- und greifbar erscheinen. Kommt auf der Achterbahnsimulation beispielsweise ein Objekt sehr nah, duckt man sich aufgrund der erhöhten Präsenz eher als wenn es sich um einen 2D-Film handeln würde. Immersion und Präsenz sind unweigerlich Effekte des S3D-Kinos und damit auch grundlegende Ziele der Bildgestaltung. Kann auf sie verzichtet werden, so ist die S3D-Technik fehl am Platze.

Da jeder Film andere Emotionen beim Publikum auszulösen versucht, eine eigene Geschichte erzählt und damit auf eine möglichst definierte Bildsprache hinarbeitet, können die weiteren Ziele der Bildgestaltung nicht vereinheitlicht werden. Aus diesem Grund führt das folgende Kapitel die Werkzeuge und deren Wirkung auf, die für das Gestalten zur Verfügung stehen.

⁹² nach BOLLIGER, Raum, 2011, S.48

9 Bildgestaltende Parameter

9.1 Monokulare Tiefenhinweise

Diese Tiefenhinweise benötigen kein binokulares Sehen. Es handelt sich um erlernte Hinweise auf Tiefe, die vom 2D-Film effektiv genutzt werden und deshalb auch bei der stereoskopischen Bildgestaltung eine wichtige Rolle spielen. Kommen monokulare und binokulare Tiefenhinweise zusammen, kann der Tiefeneindruck verstärkt werden. Aufgezählt werden folgend die wichtigsten monokularen Tiefenhinweise.

9.1.1 Relative Größe

Sind die Größen von Objekten bekannt, kann das Gehirn die Entfernung zuordnen. Bei mehreren gleichen Objekten werden die kleiner wahrgenommenen einer größeren Entfernung und die relativ größeren einer näheren zugeordnet. Abstufungen, die sich beispielsweise beim seitlichen Blick auf eine Fensterreihe einer Hauswand ergeben, steigern den Tiefeneindruck enorm. Ebenfalls leitet sich die Entfernung davon ab, wie nah sich ein Objekt am Horizont befindet, was bei großen Entfernungen als Hinweis hinzugezogen wird.

9.1.2 Licht und Schatten

Jedes Objekt wirft je nach Lichteinfall einen eigenen Schatten. Dank diesem lässt sich die Form, Oberflächenbeschaffenheit und Position im Raum besser bestimmen. Helle Objekte erscheinen uns in der Regel näher als dunkle.⁹³ Licht und Schatten spielen vor allem bei nahen Entfernungen eine wichtige Rolle

9.1.3 Linearperspektive

Die Tatsache, dass parallele Linien in der Ferne scheinbar zusammenlaufen, nennt sich Linearperspektive. Eine gerade Straße wirkt zum Beispiel in einiger Entfernung nur noch wie ein dünner Strich. Die lineare Perspektive wird sehr häufig bewusst genutzt, da sie ein starker Hinweis auf Tiefe ist.

⁹³ siehe STEREOGRAPHICS CORP., Handbook, 1997, S.3

9.1.4 Atmosphärische Perspektive

Beim Blick über eine weite Landschaft fällt auf, dass in zunehmender Entfernung aufgrund eines Dunstschleiers Kontraste undeutlicher werden. Feine Teilchen in der Luft blockieren hier zunehmend Details und Kontraste. Oft kommt eine bläuliche Färbung hinzu, weil der Rotanteil im Licht mehr gestreut wird.⁹⁴ Diese Hinweise lassen bei sehr großen Entfernungen weiterhin Abstufungen erkennen, auch wenn hier keinerlei binokulare Tiefenhinweise mehr wirken.

9.1.5 Verdeckung

Der simpelste, aber auch wirksamste Hinweis baut auf die Erfahrung auf, dass ein Objekt näher als ein anderes erscheint, wenn es dieses verdeckt. Damit lässt die Verdeckung eine relative Einschätzung der Entfernung eines Objektes in Bezug zur Umgebung. Tiefe ist somit schlechter wahrnehmbar, wenn sich zwei autarke Objekte nicht verdecken.

Die monokulare Verdeckung ist eng verwandt mit der binokularen Verdeckung. Als eigentlich binokularer Tiefenhinweis läuft sie unabhängig von der Stereopsis ab und verbindet die monokulare Verdeckung, die mit beiden Augen aus verschiedenen Winkeln gesehen wird. Besonders bei nahen Objekten ändert sich dank des Winkels die Fläche, die hinter oder an einem Objekt verdeckt wird. Ein Auge sieht dabei mehr als das andere und umgekehrt. Somit kann von einem teilweisen Herumsehen um das Objekt gesprochen werden.⁹⁵

9.1.6 Bewegungsparallaxe

Der Blick aus einem Zugfenster bietet dank diesem Tiefenhinweis selbst mit einem Auge eine ausreichende Tiefenwirkung. Nahe Objekte bewegen sich scheinbar schneller am Beobachter vorbei als weiter entfernte. Dieser Hinweis kommt zudem auch bei kurzen Bewegungen zur Geltung, beispielsweise wenn wir unseren Kopf ein kleines Stück seitwärts bewegen. Das ist der Grund, warum langsame Kamerafahrten in 2D-Filmen oft zum Einsatz kommen.

⁹⁴ siehe STEREOGRAPHICS CORP., Handbook, 1997, S.3

⁹⁵ vgl. TAUER, Stereo3D, 2010, S.54

9.2 Das Bild als Raum

9.2.1 Tiefe

Dieser elementare Begriff verbindet in der Stereoskopie jegliche Bildausdehnung auf der z-Achse und ist daher nicht einheitlich definiert. Erst innerhalb eines Bezugrahmens kann mit dem Begriff gearbeitet werden.

Wie schon erwähnt, kann nur ein Teil des wirklichen Raumes eingefangen und innerhalb eines weiteren Raumes bei der Wiedergabe übertragen werden. Die Gesamttiefe, die eine Einstellung bei der Aufnahme oder ein Bild bei der Wiedergabe beinhaltet, wird Tiefenumfang genannt. Der Bereich, in dem ein Kamerasystem oder auch ein Wiedergabesystem Tiefe aufnehmen und wiedergeben kann, wird Tiefenspielraum genannt. Bei der Übertragung wird die Tiefe flexibel und veränderbar. Ein relativ kleiner Raum mit einer Tiefe von einem Meter kann im Kino vergrößert zu einer Tiefe von mehreren Metern wiedergegeben werden. Wird nur Tiefe verändert und die Höhe und Breite bleiben in der Relation zum Original gleich, spricht man von Stauchung und Streckung. Jegliche Verzerrungen und Größenänderungen sind gewissenhaft einzusetzen und zu beurteilen. Auftreten können dabei Effekte wie „Cardboarding“⁹⁶, dem Verflachen der Tiefe bis auf nahezu ebenes 2D. Zu bedenken ist beispielsweise auch, dass ab einer gewissen Entfernung beim natürlichen Sehen keine binokularen Tiefenhinweise mehr registrierbar sind, genauso wenig wie bei mancher Aufnahme mit einer Stereokamera. Anders als in der Realität konzentriert sich die S3D-Technik jedoch fast ausschließlich auf Disparitäten der Augen. Entfernte Hintergründe können so im Kino schnell zu einem flachen Bild verkommen und im Gegensatz zur Wirklichkeit, in der monokulare Tiefenhinweise besser verarbeitet werden, auch genauso wirken.

Weiterhin darf nicht davon ausgegangen werden, dass im 3D-Kino Größen und Tiefeneffekte möglichst nah an die Realität reichen sollen. Wie auch beim 2D-Film sollte dieser Gedanke schnell beiseite gelegt werden. Ein Mensch muss auch in Stereo3D auf der Leinwand nicht unbedingt dieselbe Größe einnehmen wie in der Wirklichkeit. Es ist zudem kaum möglich, eine reale Darstellung zu erreichen, da die Stereobasis, Brennweite, Leinwandgröße, Zuschauerplatz und andere Parameter exakt für diese einzelne Aufnahme festgelegt werden müssten. Heraus käme eine wissenschaftliche Darstellung und kein Film.

⁹⁶ siehe Kapitel „Stereobasis“

9.2.2 Tiefenspielraum

Bei der Wiedergabe eines Stereo3D-Filmes auf einer Leinwand oder einem Bildschirm existiert ein Bereich, in dem Objekte stereoskopisch wahrgenommen werden. Dieser schließt den Raum vor und hinter der Leinwand mit ein und kann als eine dreidimensionale Leinwand angesehen werden. Dieser Raum wird Tiefenspielraum genannt. Er ist seitlich abgegrenzt durch die Bildränder und in der Tiefe durch eine maximale und minimale Entfernung, welche nicht durch Längen-, sondern Parallaxenwerte bestimmt wird. Diese Werte stellen die Grenzen dar, ab denen visuelle Überforderung auftreten würde. Der maximale Fernpunkt wird erreicht, wenn die positive Parallaxe des Punktes dem mittleren Augenabstand von 6,3cm entspricht. Dieser Punkt wird als unendlich entfernt gesehen, die Augen schauen parallel. Eine größere Parallaxe würde zu Divergenz führen. Der minimale Nahpunkt entspricht ebenfalls immer einer negativen Parallaxe von 6,3cm, beide Blickachsen kreuzen sich hier genau zwischen Zuschauer und Leinwand, das Objekt erscheint auf halbem Weg. Diese Grenzen sind Maximalgrenzen und müssen nicht zwangsläufig dem genutzten Tiefenspielraum entsprechen. Beim 3D-TV sind sie enger gewählt, beim Kino dürfen sie unter bestimmten Umständen sogar überschritten werden.

Eine Überschreitung ist abhängig vom Typ der Szene oder des Betrachtungsabstandes erlaubt, wenn sie nur kurzzeitig stattfindet oder innerhalb von schnellen Bewegungen. So kann die Disparität für entfernte Objekte kurzzeitig auf das Doppelte der maximalen Disparität oder für nahe Objekte das Zehnfache der Maximaldisparität ansteigen.⁹⁷ Diese Objekte können dann zwar nicht mehr fusioniert werden, aber werden von der Netzhaut noch immer grob als ein Objekt wahrgenommen. Bei der positiven Maximalparallaxe kann man außerdem pro Meter Betrachtungsabstand einen Zentimeter mehr Toleranz einplanen. Bei 10 Metern Betrachtungsabstand entspräche dies schon einer Maximalparallaxe von 16,3cm. Denn je weiter entfernt ein Zuschauer sitzt, desto toleranter wird die Konvergenz bei einer divergenten Parallaxe. Zu beachten ist allerdings, dass in einem Kinosaal unterschiedliche Betrachtungsabstände vorhanden sind und die vordersten Reihen nicht gequält werden möchten. Andererseits möchten Filmemacher den Tiefenspielraum ausnutzen, wenn er für hintere Reihen größer ist. Ob sich hier nach einem mittleren Betrachtungsabstand und damit dem Großteil des Publikums oder dem nahesten Abstand der ersten Reihe gerichtet wird, muss jeder für sich selbst entscheiden.

⁹⁷ siehe TAUER, Stereo3D, 2010, S.193

Ein Beispiel für eine Überschreitung von negativenativen (dem Augenabstand entsprechenden) Parallaxen kann der schnelle Flug durch den Weltraum sein. Zahlreiche nahe Sterne können hier die Grenzwerte deutlich überschreiten, müssen aber aufgrund der schnellen Bewegung nicht fusioniert werden. Sie erreichen dank der extremen Nähe zum Betrachter das Gefühl, mittendrin zu sein.

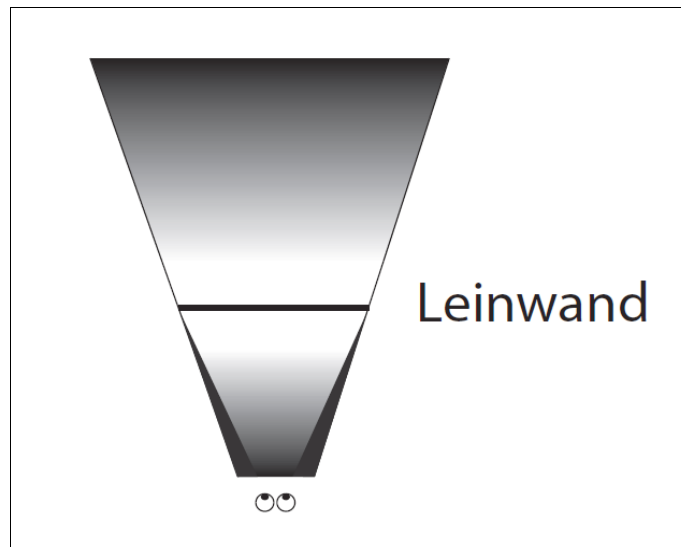


Abb.6: Komfortzonen bei der Wiedergabe

Eine Komfortzone schreibt im Tiefenspielraum vor, wo Objekte für die Augen ohne Anstrengung wahrgenommen werden und wo es zunehmend schwerer für sie wird. Anhand der Abbildung 6 erkennt man, dass vorwiegend nahe seitliche Objekte vermieden werden müssen sowie sehr nahe oder sehr entfernte Objekte eine höhere Anstrengung bedeuten.

Auch bei der Aufnahme existiert der Tiefenspielraum, der aufgrund der disparitätsabhängigen Stereo3D-Technik nicht die gesamte sichtbare Welt umfasst. Er ändert sich in seiner Ausdehnung je nach Einstellungen der Kameras. Der Wiedergabetiefenspielraum ist hingegen meist an das Kino angepasst und bleibt dann unverändert. Auch wenn beide unterschiedliche räumliche Größen besitzen, verhalten sie sich zueinander äquivalent. Die Grenzen des Wiedergabetiefenspielraumes gelten deshalb schon bei der Aufnahme. Parallaxenwerte in Prozent oder Pixeln angegeben stellen dort den Bezug zur Leinwandgröße her und geben Aufschluss über die Lage im Wiedergabetiefenspielraum. Nur was sich innerhalb des Tiefenspielraumes bei der Aufnahme befindet, kann bei der Wiedergabe eine Tiefe aufweisen.

9.2.3 Tiefenumfang

Da nicht innerhalb des gesamten Tiefenspielraumes bei Aufnahme und Wiedergabe Tiefeninhalte vorhanden sein müssen, spricht man außerdem noch vom Tiefenumfang. Dieser ist begrenzt von Nahpunkt und Fernpunkt, bzw. Nah-

und Fernebene, beschreibt die Differenz der resultierenden Parallaxen zwischen Nah- und Fernebene⁹⁸ und somit die tatsächliche Tiefenausdehnung der Aufnahme oder des Bildes.

Der Kameramann oder Stereograf muss den Tiefenumfang einer Aufnahme gedanklich in den Tiefenspielraum einpassen. Daher darf dieser nie größer als der jeweilige Tiefenspielraum sein. Der Tiefenumfang der Wiedergabe, also die Differenz der Parallaxen von Nah- und Fernpunkt, darf außerdem nie mehr als 1,5° bzw. 90 Winkelminuten⁹⁹ Disparität erzeugen. Dieser Tiefenumfang entspricht dann der Größe der Sehgrube und führt bei Erhöhung zu visueller Überforderung. Diese Werte am Set einzuhalten ist besonders wichtig, da sich der Tiefenumfang in der Nachbearbeitung nur schwer in seiner Größe ändern lässt. Nur seine Position innerhalb des Tiefenspielraumes kann ohne weiteres verschoben werden. Trotzdem sind Überschreitungen je nach Situation erlaubt.

Die meisten Einstellungen am Set, aber auch wiedergabeseitige Bedingungen beeinflussen den Tiefenspielraum, weshalb er als Resultat vieler Parameter immer zu überprüfen ist. Die dafür in Frage kommende Tiefenumfangsformel findet sich im Kapitel „Berechnungen“ und kann hilfreich sein, aber auch Softwareprogramme lassen eine schnelle Analyse der Möglichkeiten zu, das gewünschte Ergebnis zu erhalten. Entfernt man beispielsweise einzig die Kamera vom Nahpunkt, vergrößert sich der Tiefenspielraum, die Objekte werden allerdings verkleinert. Dies geschieht unabhängig vom Tiefenumfang, der je nach Objektplatzierung gleich bleiben kann. Ein Beispiel für wiedergabeseitige Beeinflussung ist die Leinwandgröße. Wird sie verdoppelt, halbiert sich der Tiefenspielraum, aber auch der Tiefenumfang gleichermaßen, solange alle anderen Parameter unverändert bleiben.¹⁰⁰

Wenn bei der Aufnahme Nah- und Fernpunkte und damit der Tiefenumfang nicht verändert werden können, passt man den Tiefenspielraum des Kamerasystems an ihn an. Mit Hilfe vieler der folgenden Parameter ist das möglich. Dabei ist darauf zu achten, dass der Tiefenspielraum immer ein wenig größer als der Tiefenumfang bleibt. Anders bei der Wiedergabe, hier ist der Tiefenspielraum meist nicht veränderlich, darum muss der Tiefenumfang hierfür angepasst werden. Da dieser allerdings schon bei der Aufnahme fixiert wird, lässt er sich nur noch durch Postproduktion ändern. Hauptsächlich seine Lage innerhalb des

⁹⁸ nach LIPTON, Foundations, 1982, S.217

⁹⁹ Wert ist auf die Leinwandgröße & Parallaxen umzurechnen, siehe Konvergenzwinkel im Kapitel „Berechnungen“

¹⁰⁰ nach LIPTON, Foundations, 1982, S.217

Wiedergabetiefenspielraumes wird hierbei verändert (Teilbildausrichtung), der Umfang selbst lässt sich nur aufwendig mit Hilfe von Masken oder Greenscreenaufnahmen ändern und sollte deshalb möglichst bei der Aufnahme in den Grenzen der Disparität für das jeweilige Wiedergabesystem bleiben.

Ein Tiefenumfang, der den Tiefenspielraum vollkommen ausnutzt, ermöglicht eine größere Tiefenwirkung und kann Bildteilen Tiefe verleihen, die bei größerem Tiefenspielraum flach gewirkt hätten. Allerdings hat ein gewisser Spielraum für den Tiefenumfang zum Vorteil, dass in der Postproduktion die Lage innerhalb des Tiefenspielraumes variabler ist. Es ist außerdem für ein harmonisches Bild selten nötig, den Tiefenspielraum komplett auszunutzen.

„Das bedeutet, dass eine fein abgestufte Tiefe auch bei geringem Tiefenumfang wesentlich attraktiver und stärker wirken kann als beispielsweise ein sehr großer Tiefenumfang mit grober Abstufung.“¹⁰¹

Den Tiefenumfang festzulegen ist nicht nur Aufgabe des Stereografen bzw. Kameramannes, sondern auch des Tiefenskriptes, eine Art Drehbuch der Tiefe, in dem Tiefenumfang, Nah- und Fernpunkt oder auch Verläufe für einzelne Szenen und für die Gesamtdramaturgie vorgeschrieben sind. Dieses kann je nach Willen des Regisseurs und Stereografen mehr oder weniger detailliert ausfallen und soll die dritte Dimension in die Dramaturgie einbeziehen. Je detaillierter die Angaben zur Tiefe im Tiefenskript ausfallen, desto sicherer kann die Relation zwischen Tiefenumfang und -Spielraum festgelegt werden.

9.2.4 Vorder- und Hintergrund

Beim S3D-Film kommt dem üblichen Zweck von Nah- und Fernobjekten ein weiterer hinzu. Mit ihnen werden die Grenzen des Tiefenumfanges gesetzt. Die Nah- und Fernebene liegen dort, wo sich das naheste und das entfernteste Objekt im Bild befindet und als Objekt wahrgenommen wird. Eine unstrukturierte einfarbige Wand wird aufgrund fehlender Disparitäten zum Beispiel nicht direkt stereoskopisch wahrgenommen.

Da der Tiefenumfang nicht mehr als 90 Winkelminuten ergeben darf, ist das platzieren naher und ferner Objekte weitaus aufwendiger als in 2D. Jedes Objekt, das den Tiefenumfang ungewollt nach vorn oder hinten dehnt, muss vermieden werden, da hier meist schon zu große Disparitäten auftreten. Auch können

¹⁰¹ TAUER, Stereo3D, 2010, S.411

unscharfe nahe Objekte, die oftmals als verschönerndes oder Tiefe suggerierendes Element eingesetzt wurden, in S3D nicht in der bekannten Art genutzt werden. Sie werden nun als klar eigenständiges Element in definierter Tiefe¹⁰² wahrgenommen, das nicht fokussiert werden kann und unscharf bleibt. Nur wenn aufgrund von ablenkenden Bildinhalten sicher gestellt werden kann, dass der Zuschauer diesem unscharfen Bereich keine Aufmerksamkeit widmet und wenn die Unschärfe relevant für die Gestaltung ist oder unvermeidbar, können solche nahen Objekte weiterhin genutzt werden.

Muss der Nahpunkt einmal schnell ermittelt werden, während die Stereobasis und die Brennweite schon feststehen, bietet sich die Faustregel $\text{Stereobasis (cm)} \times \text{Brennweite (mm)} = \text{Nahpunktentfernung (cm)}$ an.¹⁰³

Bei entfernten Objekten kann je nach Einstellungen wie der Brennweite Cardboarding¹⁰⁴ auftreten, was es zu vermeiden gilt. Ebenfalls besteht auch hier schnell die Gefahr der Übertretung des Tiefenspielraumes. Sind die entfernten Objekte bildrelevant, muss der Tiefenspielraum so angepasst werden, dass diese den Fernpunkt bilden. In manchen Fällen ist aber nun der Vordergrund wiederum außerhalb des Tiefenspielraumes. Deshalb gibt es grundlegend nur zwei Vorgehensweisen für unveränderbare Objekte. Entweder richtet man die maximale positive Parallaxe nach dem Fernpunkt bzw. die maximale negative nach dem Nahpunkt und ändert durch Bildeinrichten den gegensätzlichen Begrenzungspunkt, damit der Tiefenspielraum eingehalten wird, oder man richtet den Tiefenspielraum komplett nach gegebenen Nah- und Fernpunkt, was ein sehr flexibles Kamerasystem nötig macht und nicht immer möglich ist.

Zu große Disparitäten des Hintergrundes werden vernachlässigbar, wenn dieser sehr dunkel oder von sich aus strukturlos und unauffällig ist. Dann sind Überschreitungen bis zu 1° akzeptabel.¹⁰⁵ In der Nähe sollten nur kurzzeitig Überschreitungen auftreten, da eine Ortung als „am nächsten“ auch die Aufmerksamkeit auf dieses Objekt ziehen kann.

Zu große Disparitäten bei sehr nahen Vordergrundobjekten wie Regentropfen oder Unterwasserpartikel werden vernachlässigbar, wenn sie sich sehr schnell bewegen und nicht direkt beleuchtet werden.

¹⁰² nach BOLLIGER, Raum, 2011, S.50

¹⁰³ siehe TAUER, Stereo3D, 2010, S.336; Regel gültig für 35mm-Kino-Film und Kleinbildformat

¹⁰⁴ siehe Kapitel „Stereobasis“

¹⁰⁵ siehe LIPTON, Foundations, 1982, S.191

Wird der Tiefenspielraum eingehalten, so können nahe und ferne Objekte die Tiefenwirkung wie auch in 2D erhöhen. Besonders gestaffelte Objekte, die monokulare Verdeckungen anbieten, werden vom Gehirn als sehr wirksam wahrgenommen. Und so muss nicht immer der jeweilige Tiefenspielraum voll ausgereizt werden. Wichtig sind nicht mathematische Fakten, sondern die Wirkung bei der Vorschau. Wirkt die Szene authentisch und für den Betrachter immersiv, so ist ein gutes Ergebnis gegeben.

9.2.5 Stereobasis

Als Stereobasis (auch interaxialer oder interokularer Abstand genannt) gilt der Abstand zwischen den Mittelpunkten beider Optiken bzw. der Blickachsen beider Kameras. Als einer der wichtigsten Parameter der S3D-Technik bestimmt sie den Tiefenspielraum und die Tiefe von Objekten in hohem Maße. Wird sie verkleinert, vergrößert sich der Tiefenspielraum des Kamerasystems, was allerdings dazu führt, dass die Objektiefe zunehmend gestaucht wird. Wird die Basis erhöht, verkleinert sich der Tiefenspielraum. Objekte innerhalb des Tiefenspielraumes erhalten jetzt mehr Tiefe. Anhand der Abbildung 7 werden diese Auswirkungen dargestellt. Die Basis kann zwischen wenigen Millimetern und mehreren Metern betragen und bei hochwertigen Rigs während des Shots ähnlich der Schärfe nachgezogen werden.

Die Stereobasis zu erhöhen ist oftmals die einzige Möglichkeit, weit entfernte Objekte räumlich zu erfassen. Mit einer dem Augenabstand entsprechenden Basis von 6,3cm wären entfernte Berge beispielsweise nur ein flacher Hintergrund. In der Realität wirken diese Berge aufgrund anderer Tiefenhinweise, die dem S3D-Bild fehlen, aber nicht flach. Darum kann eine besonders hohe, sogenannte Großbasis gewählt werden, um ihnen Tiefe zu „verleihen“. Wichtig ist dabei ein korrektes Ausrichten der Kameras, die dann nicht mehr in einem Rig,

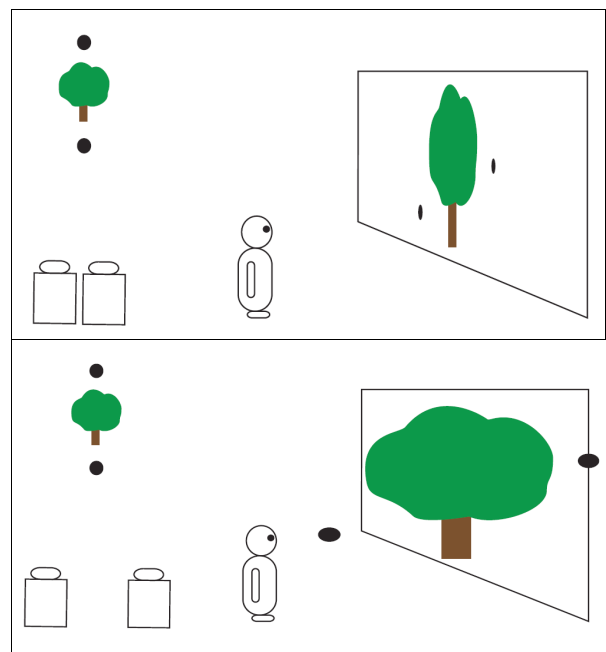


Abb.7: Auswirkungen der Stereobasis auf die Tiefe

sondern separat aufgestellt werden müssen.¹⁰⁶ Der damit verhinderte Verflachungseffekt wird „Cardboarding“ genannt und kann ebenso auch bei Objekten auftreten, die nicht am Fernpunkt liegen.

Cardboarding:

Erstmals 1941 von Mathematikprofessor John T. Rule erwähnt¹⁰⁷, beschreibt dieser Effekt das Verflachen von Objekten einer oder auch mehrerer unterscheidbarer Tiefenebenen bis hin zur reinen Zweidimensionalität, weshalb er auch Kulisseneffekt genannt wird. Die Tiefe des Objektes ist dann derart gestaucht, dass es kaum oder keine Parallaxenunterschiede mehr aufweist. Besonders bei der Darstellung von Menschen fällt der Effekt ins Gewicht. Das Erhöhen des Tiefenspielraumes, Verkleinern der Stereobasis oder Vergrößern der Brennweite staucht Tiefe zunehmend und kann zu cardboarding führen. Beim natürlichen Sehen tritt dieser Effekt ebenfalls auf, wird aber nicht wahrgenommen, weil im Gegensatz zu Stereo3D immer nur ein kleiner Ausschnitt scharf gesehen wird¹⁰⁸.

Gute Beispiele für räumliche Hintergründe sind die meisten Animationsfilme, zum Beispiel „Beowulf“ oder „Monsters vs. Aliens“. Hier ist es mittlerweile Gang und Gäbe, für viele Shots eine sogenannte Multibasis zu wählen, bei der Vorder- und Hintergrund eine unterschiedliche Stereobasis erhält. Im Gegensatz zu virtuellen Kameras ist das Spiel mit der Stereobasis bei live-action weitaus schwieriger, denn das Multibasisverfahren erfordert hier den Einsatz eines Greenscreens. Das Vordergrundobjekt wird dabei meist vor Greenscreen gedreht und erhält eine andere Basis als das Hintergrundobjekt.¹⁰⁹ Eine einmal gewählte Stereobasis ist mit dem heutigen Stand der Technik dennoch nur unter sehr großem Aufwand in der Postproduktion veränderbar.¹¹⁰

Ein historischer Trugschluss bestand lange darin, dass die Stereobasis dem Augenabstand entsprechen müsse, um das natürliche Sehen nachzuahmen. Wie beschrieben, unterscheidet sich das natürliche Sehen vom S3D-Sehen aber derart, dass die Stereobasis variieren muss, um vor allem cardboarding vorzubeugen. An vielen Szenen mit langer Brennweite des Filmes „Avatar“¹¹¹ wird an flachen Hintergründen erkennbar, dass selbst James Cameron diesem „orthostereoskopischen“ Gedanken gefolgt ist.

¹⁰⁶ nach TAUER, Stereo3D, 2010, S.438

¹⁰⁷ vgl. LIPTON, Foundations, 1982, S.138f.

¹⁰⁸ siehe TAUER, Stereo3D, 2010, S.105

¹⁰⁹ siehe ebd., S.267f.

¹¹⁰ vgl. LIPTON, Reality, 2009

¹¹¹ nach LIPTON, Avatar, 2009

Orthostereoskopie:

Wenn das projizierte Bild für den Zuschauer in allen Proportionen vollkommen mit dem realen Bild übereinstimmt, ist das Prinzip der Orthostereoskopie erfüllt. Leinwandobjekte erscheinen in Größe, Form und Entfernung gleich wie das Original. Vorangetrieben wurde das Konzept schon 1953 von den Spottiswoode-Brüdern und wurde 1982 von Lenny Lipton erweitert.¹¹² Es hat wissenschaftlichen Charakter und ist in der Praxis kaum umzusetzen. Um ein orthostereoskopisches Bild zu erreichen, müssen viele Variablen exakt berechnet und eingehalten werden, welche im Kapitel „Berechnungen“ angegeben sind.

Orthostereoskopische Aufnahmen machen in bestimmten wissenschaftlichen Feldern Sinn, nicht jedoch bei S3D. Es gäbe im Kino nur einen einzigen Sitzplatz, um den Effekt unverfälscht wahrzunehmen und der Film wäre auf eine vorher bestimmte Leinwandgröße beschränkt. Das Mädchen aus dem Horrorfilm „The Ring“, welches scheinbar aus dem Fernsehbildschirm kriecht, wäre zwar umgewandelt in S3D wie gemacht für eine orthostereoskopische Szene am heimischen Bildschirm, allerdings im Kino nicht minder beeindruckend, selbst wenn es hier mehrere Meter hoch wäre. Unser Wissen von Relationen im Film und von Verhältnissen der Natur würde aus dem Mädchen keinen Giganten werden lassen, sondern es noch immer in der zugeordneten Größe in den Zusammenhang einordnen.

Trotzdem sind die Verhältnisse, die die Orthostereoskopie vorsieht, grundlegend für das Verständnis von Perspektive in S3D und können ansatzweise auch angewandt werden. Beispielsweise kann damit die Orthobrennweite für eine mittlere in Frage kommende Leinwandgröße errechnet werden um einen groben Anhaltspunkt zu erhalten, welche Brennweiten als Weit- und welche als Telebrennweiten wirken. Hauptsächlich bei der Stereobasis muss zudem auf den orthostereografischen Gedanken zurückgegriffen werden, wenn es darum geht, Tiefeneindrücke der Realität entsprechend abzubilden. Bei Portrait- oder Profilaufnahmen von Menschen ist deshalb das Einhalten der Basis von 6,3cm (mittlerer Augenabstand) zu empfehlen, da ein in der Tiefe gestreckter oder gestauchter Mensch auf uns auffällig unreal wirkt. Eine Toleranz von +-25% fällt nicht ins Gewicht, darüber hinaus wird die Tiefe in diesem Fall zu extrem gestaucht oder gestreckt. Viele Objekte, deren Form nicht derart fest in uns verankert ist, erlauben eine viel größere Variation.¹¹³

¹¹² nach LIPTON, Foundations, 1982, S.225

¹¹³ vgl. ebd., S.229

Ein letztes Anwendungsbeispiel der Stereobasis in Bezug auf den Tiefenspielraum der Kamera und cardboarding wäre folgende Situation: Um mehr Tiefenspielraum zu erreichen, wird die Kamera vom Nahpunkt (dem Objekt, das die Nahebene darstellt) entfernt. Ein größerer Tiefenspielraum zieht eine Verflachung nach sich. Um dem entgegen zu wirken, kann nun die Stereobasis erhöht werden. Dabei verkleinert sich zwar der Tiefenspielraum wieder, aber selten in vergleichbarem Maße.¹¹⁴

Ein weiterer Effekt der Stereobasiswahl nennt sich Hyper- und Hypostereo und wird im Kapitel „Perspektive“ näher betrachtet.

9.2.6 Nullebene und Teilbildausrichtung

Hat ein Punkt eines Stereo3D-Bildes eine Parallaxe von Null, so liegt er auf beiden Teilbildern an identischer Position (auch ZPS - Zero Parallax Setting genannt) und erscheint dann direkt auf der Leinwandebene, im Regelfall also auch auf der Scheinfensterebene. Es ist allerdings möglich, diese Scheinfensterebene von der Leinwand und der Nullebene zu entkoppeln, weshalb die Begriffe nicht miteinander verwechselt werden dürfen.¹¹⁵ Nullebene und Leinwandebene beschreiben im Prinzip dieselbe Position, ersteres bezieht sich jedoch eher auf die Aufnahme und letzteres auf die Wiedergabe. In der Regel wird mit der Bestimmung der Nullebene entschieden, welche Objekte auf, vor und hinter der Leinwand liegen. Diese Festlegung kann schon bei der Aufnahme getroffen werden, indem die Kameras zueinander eingedreht positioniert werden. Vorteilhafter und heutzutage öfter angewendet wird aber die Parallelstellung¹¹⁶ beider Kameras. Die Entscheidung über die Lage der Nullebene wird bei dieser Methode auch bei der Aufnahme getroffen, aber im Gegensatz zu eingedrehten Kameras nicht endgültig festgelegt. Je nach Größe des Tiefenumfanges kann in der Nachbearbeitung die Nullebene verschoben werden, was eine flexiblere Arbeitsweise ermöglicht.

„Unter keinen Umständen kann die Nullebene mit vollkommener Sicherheit während der Aufnahme festgelegt werden, weil es unmöglich abzusehen ist, wie die Aufnahmen letztendlich zusammen passen.“¹¹⁷

¹¹⁴ siehe LIPTON, Foundations, 1982, S.219

¹¹⁵ siehe Kapitel „Scheinfenster“

¹¹⁶ mehr über die Stellungen im Kapitel „Eingedrehte oder parallele Kameras“

¹¹⁷ LIPTON, Email, 2009, übers. vom Verfasser, Original: „There is no way to set the zero parallax plane with complete confidence during cianamtogrpahy [sic] because it is impossible to understand how the shots will finally go together at the time of photography.“

Diese nachträgliche Verschiebung beider Teilbilder nennt sich horizontale Ausrichtung oder Horizontal Image Translation, kurz HIT. Sie ist ein Teil des sogenannten „Depth Grading“¹¹⁸, das wiederum zur sogenannten Teilbildausrichtung gehört, dem nachträglichen Prozess, der beide Teilbilder aneinander angleicht und ausrichtet. Dabei werden die Teilbilder horizontal zueinander verschoben, beispielsweise rückt nun das rechte Teilbild nach links oder rechts. Bei ersterem werden positive Parallaxen vermindert und negative verstärkt, was eine Verschiebung des gesamten Bildes in den Zuschauerraum bewirkt und damit die Nullebene bildlich gesehen nach hinten versetzt. Der umgekehrte Fall verschiebt das Bild bei der Wiedergabe nach hinten, die Nullebene wandert nach vorn. Eine Verschiebung ist jedoch nur sinnvoll, wenn der Tiefenumfang kleiner als der Tiefenspielraum ist. Je kleiner er ist, desto weiter kann er verschoben werden, ohne dass divergente Parallaxen auftreten. Dieser Grad an Gestaltungsfreiheit muss bei der Aufnahme vorausschauend gewählt werden, denn die HIT ändert nur die Lage, nicht aber die Größe des Tiefenumfanges. Hier kann von der technischen Entwicklung noch einiges erwartet werden. Bessere Maskierungs- und Rotoscopingverfahren sind mit Sicherheit der erste Schritt, bevor möglicherweise gänzlich neue Arbeitsweisen eine nachträglich veränderbare Stereobasis ermöglichen.¹¹⁹

Die Standardeinstellung und häufig genutzte Position eines S3D-Bildes legt den Nahpunkt auf die Scheinfensterebene. Das restliche Bild erscheint dann komplett hinter dieser Ebene und erstreckt sich bis zu einer positiven Parallaxe von maximal mittleren Augenabstandes, was oft 3-4% der Leinwand bedeutet.¹²⁰ Dank der HIT lässt sich das Bild immer exakt ausrichten.

Die HIT ist einer der letzten Schritte der Teilbildausrichtung¹²¹, zu der auch das Angleichen der Helligkeit, Farben, Kontrast und geometrischen Unterschieden zählt („Stereo Sweetening“).¹²² Ein abschließendes digitales Einzoomen in das Gesamtbild ist der einzige Nachteil der HIT, denn werden beide Bilder verschoben, entstehen links und rechts schwarze Ränder auf je einem Teilbild, die somit entfernt werden müssen, ohne das Seitenverhältnis zu ändern.

„Diesen Verlust habe ich aber eigentlich auch beim konvergierten Drehen, denn ich muß ja auch das Bild manipulieren, also die Pixel verschieben im Hinblick auf den Parallaxenausgleich. Also habe ich hier einen ähnlichen

118 siehe Kapitel „Schnitt und Dramaturgie im Stereo3D-Film“

119 siehe LIPTON, Reality, 2009

120 nach TAUER, Stereo3D, 2010, S.255

121 mehr im Kapitel „Schnitt und Dramaturgie im Stereo3D-Film“

122 siehe TAUER, Stereo3D, S.247

9.2.7 Eingedrehte oder parallele Kameras

Zwei nebeneinander existierende und grundsätzlich verschiedene Herangehensweisen bei der Aufnahme von Stereo3D-Material stellt der Aufbau der beiden Kameras dar. Sie können entweder nebeneinander parallel oder zueinander eingedreht (auch konvergiert oder eingeschwenkt genannt) positioniert werden. Bei parallel ausgerichteten Achsen ist die Nullebene in der Unendlichkeit, erst hier besitzen die Objekte auf den Teilbildern praktisch keine Parallaxe mehr. Eingedrehte Kameras legen die Position der Nullebene an dem Punkt fest, wo sich beide Achsen kreuzen (siehe Abbildung 8). Eine generell bessere Methode existiert nicht, die Art der Aufnahmen entscheidet über die angewendete Form.

Der Blick in die Vergangenheit zeigt, wie sich der Einsatz der beiden Methoden verändert hat. Vor den 50er Jahren war die Parallelaufnahme üblich. Mit der Lage der Nullebene in der Unendlichkeit wäre das Bild normalerweise vollkommen im Beobachterraum vor der Leinwand projiziert worden und hinter dem

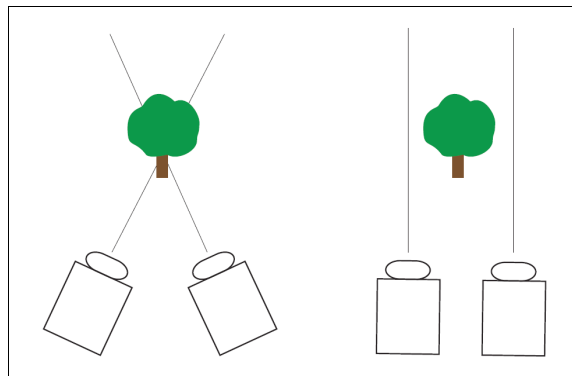


Abb.8: Eingedrehte und parallele Kameras

Scheinfenster befände sich kein Bildinhalt.¹²⁴ Dies bezieht sich auf die Projektion mit einem Projektor. Zu dieser Zeit wurden jedoch meist zwei parallele Projektoren im Abstand des mittleren Augenabstandes zueinander genutzt. Konnte der Abstand aufgrund der Größe der Projektoren nicht eingehalten werden, so wurde durch Kreuzen ihrer Achsen der Unendlichkeitspunkt auf eine Parallaxe des mittleren Augenabstandes gebracht.¹²⁵ So hatten die am weitesten entfernten Punkte eines Bildes eine maximale positive Parallaxe von ca. 6,3cm. Die Parallelaufnahme und -wiedergabe bedeutete aber wenig Kontrolle über die Nullebene und Keystoning bei der Wiedergabe.

Da früher noch keine HIT an den Aufnahmen vorgenommen werden konnte, wurden schließlich die Kameras nach innen eingedreht, um bei jeder Einstellung

¹²³ KLUGER/ENZIAN, Nichts, 2010, S.3

¹²⁴ vgl. URBICHT/WAGNER, Betrieb, 2010, S.109

¹²⁵ vgl. LIPTON, Foundations, 1982, S.135f.

die Nullebene zu bestimmen. Angewandt wurde diese Methode schon 1939 von Norling und auch von den Spottiswoode-Brüdern 1950 zum Festival of Britain.¹²⁶ Im Gegensatz zur Parallelaufnahme bringen eingedrehte Kameras grundsätzliche Nachteile mit sich. So entsteht schon bei der Aufnahme je nach Eindrehwinkel der Linsenachsen der Keystoning-Effekt.

Keystoning:

Der auch Trapezverzerrung genannte Effekt beschreibt vertikale Bildverschiebungen insbesondere in den Ecken eines mit eingedrehten Kameras aufgenommenen S3D-Bildes. Diese treten auf, weil die Tiefenebenen der beiden Teilbilder nicht mehr übereinander liegen und die Bildinhalte ähnlich einer verschiedenen Brennweite hier variieren. Verwirrende Teilbildunterschiede sind die Folge. In der Theorie ändert auch die Nullebene ihre Form und wird zu einer vertikalen Nulllinie, da nur hier exakte Nullparallaxen auftreten. (siehe Abbildung 9)

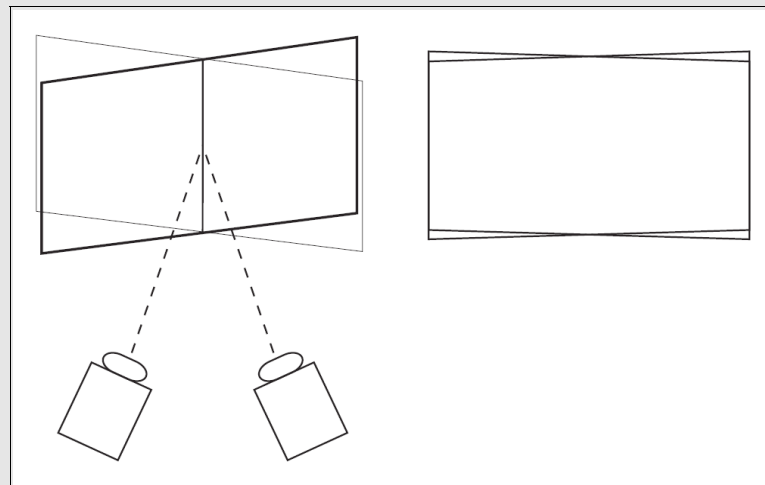


Abb.9: Tiefenebenen bei eingedrehten Kameras und Keystoning bei der Wiedergabe

Zwar ahmen eingedrehte Kameras im Nahbereich die konvergierten Augen nach, diese haben aber nur einen kleinen Schärfebereich und unterdrücken auftretende Keystoningeffekte in den Randbereichen. Trotzdem werden Kameras speziell in Nahbereichen eingedreht genutzt, wenn zum Beispiel eine kleinere Stereobasis gewünscht, aber aufgrund des Kamerarigs nicht umsetzbar ist. Auch bei sehr kleinen oder flachen Objekten, denen Tiefe verliehen werden soll, können leicht eingedrehte Kameras sinnvoll sein. Ansonsten wäre oft der Mindestabstand oder die Stereobasis zu groß für eine akkurate Tiefenwiedergabe.¹²⁷

¹²⁶ nach LIPTON, Foundations, 1982, S.132f.

¹²⁷ nach TAUER, Stereo3D, 2010, S.366

Die Tatsache, dass bei eingedrehten Kameras keine HIT nötig ist, macht diese auch heute noch ideal zum Einsatz bei manchen Live-Events wie Sportveranstaltungen oder Konzerten. Hier kann direkt ohne Nachbearbeitung die Nullebene bestimmt werden. Wichtig ist dabei aber eine äußerst gründliche Planung der Einstellungen, denn jede Verschiebung der Nullebene in die eine Richtung lässt eine Vergrößerung der Parallaxen der entgegengesetzten Grenze folgen. Somit muss schon vorher der Spielraum der Konvergenz bestimmt werden. Zudem sollte der Konvergenzwinkel der Kameras immer so gering wie möglich ausfallen, damit nur wenig Keystoning auftritt. Eine langbrennweitige Kameraposition mit geringem Tiefenumfang lässt zum Beispiel weniger Keystoning auftreten als eine weitwinklige Brennweite. Wo immer es geht, sollte dennoch jegliches Auftreten von Keystoning vermieden werden und lieber auf die Nachbearbeitung durch HIT gesetzt werden.

„Der Versuch, Bilder mit Keystoning zu fusionieren, ist wie brühenden Kaffee zu trinken.“¹²⁸

Bis zur aktuellen Welle der Stereo3D-Filme wurden die meisten Filme mit eingedrehten Kameras gedreht. Erst die digitale Nachbearbeitung hat heute die Möglichkeit eröffnet, aus der Parallelaufnahme eine flexiblere Methode mit weniger Verzerrungen werden zu lassen. Die nachträgliche HIT zieht zwar eine Skalierung des Bildes nach sich, hat aber in diesem geringen Maße auf die Qualität weniger Einfluss als Keystoning, dessen digitale Beseitigung ungleich aufwendiger ist.

Eine Möglichkeit, die Vorteile beider Methoden zu kombinieren, stellen sogenannte Shiftsensoren bei der Aufnahme dar. Die seitliche Verschiebung der Sensoren beider Kameras zueinander erzeugt eine Konvergenz ohne den unerwünschten Keystoningeffekt, weil die Tiefenebenen unverändert bleiben. So kann die Nullebene ohne Verzerrungen festgelegt werden. Doch ohne Nachteile ist auch diese vielversprechende Methode nicht. Da das Bild in die leistungsschwächeren Randbereiche der Optik rutscht, sind nicht nur spezielle Shiftsensoren, sondern auch extra dafür angepasste Optiken notwendig. Außerdem fallen wie bei eingedrehten Kameras die flexiblen Möglichkeiten durch die HIT weg.¹²⁹ Somit bleibt diese Methode weiterhin nur eine Zwischenlösung zwischen parallelen und eingedrehten Systemen.

¹²⁸ LIPTON, Jazz-Singer, 2010, übers. vom Verfasser, Original: „Attempting to fuse these kinds [Keystoning] of images is like drinking a scalding cup of coffee.“

¹²⁹ siehe TAUER, Stereo3D, 2010, S.345f.

9.2.8 Brennweite

Wie in zweidimensionalen Filmen ist die Brennweite auch beim S3D-Film für Bildausschnitt, Perspektive und Schärfentiefe verantwortlich. Und ebenso bleibt sie abhängig von der Sensor- oder Filmgröße. 50mm sind beim Kleinbildformat bzw. Vollformatsensor eine Normalbrennweite, das kleinere 35mm Kino-Filmmaterial erreicht diese schon bei 35mm, ein 2/3"-Sensor bei 12mm und ein 1/2"-Sensor schon bei 9mm. Nur davon abhängig kann eine Brennweite als weitwinklig (kurz) oder telig (lang) bezeichnet werden. Darum wird in folgenden Beispielen hauptsächlich mit Änderungen der Brennweite statt mit festen Werten erklärt.

Interessanter als auf die 2D- sind die Auswirkungen der Brennweite auf die S3D-Eigenschaften. Hauptsächlich sind das Tiefenausdehnung und Perspektive. Die Beziehungen werden zunächst nacheinander aufgeführt.

Einer Brennweitenvergrößerung folgt proportional eine Verkleinerung des Tiefenspielraumes und eine Vergrößerung der Objekte auf der Leinwand. Einer Brennweitenverringerung folgt proportional eine Vergrößerung des Tiefenspielraumes und eine Verkleinerung der Objekte auf der Leinwand.¹³⁰ Diese Veränderungen sind jeweils noch in Beziehung zur Stereobasis und zur Nah- und Fernebenenentfernung zu sehen. So muss für eine harmonische Tiefendehnung oft mit der Stereobasis nachgeregelt werden, wenn eine Brennweite gewählt wurde. Eine normale Weitwinkleinstellung von 20mm ermöglicht zum Beispiel ein natürliches Bild mit einer Stereobasis, die dem durchschnittlichen Augenabstand entspricht¹³¹. Der Tiefenspielraum läge bei 8m bis unendlich. Liegt der gewünschte Nahpunkt näher als 8m, sollte eine kleinere Basis gewählt werden, damit dieser Spielraum beibehalten wird.

Für eine hohe Telebrennweite wäre eine stark erhöhte Stereobasis notwendig, um den Objekten noch Tiefe zu verleihen und cardboarding zu verhindern. Die Stereobasis lässt sich allerdings oftmals nicht so variabel ändern wie die Brennweite. Auch entsteht bei Stereobasen, die besonders stark vom mittleren Augenabstand abweichen, oft ein unnatürlicher Größeneffekt, der im Kapitel „Perspektive“ näher betrachtet wird. Somit sind besonders lange Brennweiten in der Regel nicht so stereoskopisch wirksam wie kurze. Dies wird davon untermauert, dass unsere Wahrnehmung Disparitäten vorzugsweise im

¹³⁰ siehe LIPTON, Foundations, 1982, S.216ff.

¹³¹ gültig für Super-35mm-Sensor eine 5m hohe Leinwand

Nahbereich wahrnimmt. Ein weiterer Nachteil langer Brennweiten ist eine aufwendige exakte Ausrichtung der Kameras, um Teilbildunterschiede zu vermeiden, insbesondere wenn eine Großbasis - also eine sehr hohe Stereobasis - gewählt wird.

Die Objektgröße ist nicht nur wie erwähnt von der Brennweite abhängig, sondern auch von der Nah- und Fernebene. Ein Objekt behält auf dem Bild dieselbe Größe, wenn die Brennweite proportional mit einer Entfernung der Kamera zu diesem Objekt zunimmt. Dabei steigt ebenfalls proportional die Entfernung zum Fernpunkt an. Als grobe Faustregel gilt bei kurzen Brennweiten, dass sich Brennweite und Stereobasis proportional verhalten müssen, um beim Objekt die Tiefenausdehnung beizubehalten.¹³²

Eine Brennweitenänderung während der Aufnahme wirkt in größerem Maße als in 2D unreal, da sich die Tiefenverhältnisse komplett umformen, kann aber – wenn dieser Effekt gewünscht ist – genutzt werden. Eine genaue Analyse der entstehenden Parallaxen im Vortest ist dabei unumgänglich.

Mit Hilfe eine Faustregel lässt sich die benötigte Brennweite ermitteln, wenn die anderen Werte schon festgelegt wurden oder sich nicht mehr ändern lassen. Dazu wird die Nahpunktentfernung (cm) durch die Stereobasis (cm) geteilt, heraus kommt die benötigte Brennweite (mm).¹³³ Diese Regel bietet nur eine grobe Richtlinie, kann aber dank ihrer Simpelheit nützlich sein. Wenn genaue Werte gefragt sind, ist die Tiefenumfangsgleichung¹³⁴ unumgänglich. Auf ihr basieren auch die eben beschriebenen Verhältnisse. Sie lässt sich entweder in Software integriert nutzen oder als einfache mathematische Formel, so wie sie im Kapitel „Berechnungen“ zu finden ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass weitwinklige Brennweiten stereoskopisch wirksamer sind. Das Auge kann so den für die Stereopsis bedeutsamen Nahbereich erkunden und die gesteigerte Informationsdichte eines S3D-Bildes kommt voll zur Geltung¹³⁵, was Immersion und Präsenz unterstützt.

¹³² vgl. LIPTON, Foundations, 1982, S.231

¹³³ vgl. TAUER, Stereo3D, 2010, S.336, gültig für 35mm-Kino-Film und Kleinbildformat

¹³⁴ siehe Kapitel „Berechnungen“

¹³⁵ vgl. BOLLIGER, Raum, 2011, S.48

9.3 Das Kino als Raum

9.3.1 Scheinfenster

Im herkömmlichen Film spielt sich die Handlung ganz sprichwörtlich auf der Leinwand ab. Der Stereo3D-Film macht hier keine Ausnahme, doch trotz Projektion auf die Bildschirmfläche liegt das Bild eigentlich hinter dieser. Es zählt schließlich, was unsere Augen wahrnehmen. Zwar lassen sich Bildobjekte dank der Nutzung des binokularen Sehens nun in der Tiefe positionieren, das bedeutet aber noch lang keine vollkommene Freiheit für den Bildgestalter. Denn die klassischen vier Bildschirmränder bleiben auch weiterhin erhalten und schränken den nutzbaren Raum stark ein. Für uns sichtbar wird je nach Größe der Leinwand eine Art Fenster, ähnlich eines Kasperletheaters, hinter der sich die Handlung präsentiert. Ab und zu ragen dabei auch Elemente in den Betrachterraum hinein. Dieses Fenster wird Scheinfenster oder Stereofenster genannt und fällt uns im besten Fall gar nicht auf. Die großen Maße einer Imax-Leinwand beispielsweise lassen das Scheinfenster fast aus unserem Sichtbereich verschwinden, ein Fernsehgerät macht uns deutlicher, dass wir es mit einem „Ausschnitt“ zu tun haben.

Auf der Ebene des Scheinfensters liegt im Normalfall auch die Nullebene, die in der Postproduktion oder durch konvertierte Kameras gewählt wurde. Die Nullebene schließt alle Punkte ein, die keine Parallaxen aufweisen und somit auf dieser Ebene erscheinen. Der Großteil des Bildes weist jedoch positive Parallaxen auf und erscheint hinter der Leinwand. Dort lässt sich in S3D mehr Bildinhalt unterbringen als im Betrachterraum und ist zugleich komfortabler zu betrachten und einzurichten. Alle Begrenzungen werden dabei von den Bildrändern geschaffen. Da sich die wahren Bildinformationen trotz Tiefe weiterhin auf der Leinwand befinden, sind diese Begrenzungen abweichend zu denen der realen Welt. Es ist somit nicht möglich, seitlich innerhalb des Scheinfensters mehr zu erblicken, wenn man die Position wechselt. Ebenfalls sieht man unmöglich Objekte an der Seite der Leinwand in den Betrachterraum ragen, die damit die Bildränder überdecken würden. Die Parallaxen der Objekte bleiben unverändert und bieten eine einzige Perspektive, die sich nur in ihrer Form nach dem Betrachter ausrichtet. Was die S3D-Technik aber zulässt, sind Objekte, die aus dem Bild ragen und von den Rändern angeschnitten werden. Diese Situation stellt dann eine Scheinfensterverletzung (auch „Scheinfensterübertretung“, „Rahmenverletzung“ oder „Border Violation“) dar und wird im folgenden betrachtet.

Die Scheinfensterverletzung entsteht dann, wenn Objekte mit einer negativen Parallaxe am Rand beschnitten werden. Sie erscheinen vor der Leinwand, aber werden zugleich von deren Rand verdeckt, müssten demzufolge dahinter liegen. Dieser Wahrnehmungskonflikt kann unterschiedlich stark deutlich werden und ist nicht zwangsläufig störend. Bewegt sich ein Objekt schnell aus dem Bild, wird eine Scheinfensterverletzung kaum wahrnehmbar, das gleiche gilt für Objekte, die sich innerhalb kurzer Zeit ins Bild bewegen. Sie werden ohnehin erst bei vollständigem Auftauchen dreidimensional lokalisiert.¹³⁶ Je prägnanter ein Objekt dargestellt ist, desto stärker fällt auch eine Scheinfensterverletzung desselben auf. Ein unscharfes Objekt im Vordergrund, auf das niemand aufmerksam wird, stellt damit kaum ein Problem dar.¹³⁷ Auch sind Verletzungen an den horizontalen Bildrändern nicht so schwerwiegend wie an den seitlichen Rändern. Hier kommt noch eine weitere Diskrepanz dazu. Am Beispiel des rechten Randes sähe das rechte Auge noch das Objekt, das linke aber schon den schwarzen Bildrand – ein Teilbildunterschied. An dieser Stelle erzeugt unser Gehirn dank Überdeckung ein gemischtes Bild, es entsteht ein halbschwarzer, unscharf wirkender Streifen. Deshalb werden dunkle Betrachtterraumobjekte, die seitlich angeschnitten werden, eher toleriert.¹³⁸ Bei horizontalen Rändern tritt diese Diskrepanz nicht auf, da Parallaxen immer horizontal und nicht über diese Ränder hinaus verlaufen.

Nicht sicher ist dagegen, wie der Wahrnehmungsapparat grundsätzlich mit Scheinfensterverletzungen umgeht. Eine Möglichkeit ist, dass er das Objekt gedanklich hinter die Scheinfensterenebene verschiebt, um den Konflikt zu lösen¹³⁹ oder bei Verletzungen an den horizontalen Rändern die Leinwand nach außen vor das Objekt biegt.¹⁴⁰

„Dieses Problem stört eigentlich nur etwa 30% der Seher, die an diesem Punkt aus dem Film fallen.“¹⁴¹

Damit bleibt das Risiko aber erhalten, die Zuschauer zu belasten. Warum also werden Scheinfensterverletzungen „[...]selbst von großen Hollywoodproduktionen bewusst in Kauf genommen[...]“¹⁴²? Wie im zugehörigen Kapitel erklärt wurde, bietet der Tiefenspielraum dann eine qualitativ gute Tiefenwirkung, wenn er vom Tiefenumfang zum Großteil ausgenutzt wird. Um den bei der Wiedergabe möglichen Tiefenumfang zu erlauben, muss er auch den Tiefenspielraum vor der

¹³⁶ vgl. MENDIBURU, Making, 2009, S.80

¹³⁷ vgl. NEUBAUER, Begegnung, 2011, S.18

¹³⁸ vgl. Lipton, Foundations, 1982, S.239

¹³⁹ vgl. ebd., S.238

¹⁴⁰ vgl. MENDIBURU, Making, 2009, S.89

¹⁴¹ BOLLIGER/NEUBAUER, Begegnung, 2011, S.18

¹⁴² TAUER, Stereo3D, 2010, S.371

Leinwand mitnutzen. Deshalb bleibt es keine einfache Entscheidung, ob Scheinfensterverletzungen zugelassen werden oder nicht.

Ist eine Scheinfensterverletzung einmal da, gibt es zwei Möglichkeiten, sie zu entfernen. Die einfachste ist die Verschiebung des Bildes mit Hilfe der HIT nach hinten, bis das angeschnittene Objekt auf der Scheinfensterebene liegt. Die zweite ist für den Bildgestalter dann von Vorteil, wenn eine Verschiebung nicht mehr möglich ist, weil die positiven Parallaxen sonst in den divergenten Bereich übergehen würden. Sie nennt sich Schwebefenster und ermöglicht die Entkoppelung von Scheinfenster und Nullebene.

„When using floating windows, one could argue that there is no screen plane.“¹⁴³

Erfunden wurde die Technik schon vor vielen Jahrzehnten von den Spottiswoode-Brüdern.¹⁴⁴ Wird am linken Teilbild der linke Rand beschnitten, ändert sich die Lage des Scheinfensters. Es steht jetzt links näher am Betrachter. Wird nun der Rand des rechten Teilbildes ebenfalls beschnitten, das heißt ein schwarzer Streifen hinzugefügt, steht das komplette Fenster näher am Zuschauer (siehe Abbildung 10). Angeschnittene Objekte liegen nun auf der Scheinfensterebene, obwohl sie noch immer eine negative Parallaxe aufweisen. Diese Technik wird aber nicht nur eingesetzt, um Scheinfensterverletzungen zu umgehen, sondern auch um den nun erhöhten Tiefenspielraum zu nutzen. Es ist ebenfalls möglich, mit Hilfe der Seitenbeschneidung ein Schwebefenster dynamisch während des Filmes zu bewegen, um den Einsatz unauffälliger und fließender zu gestalten.¹⁴⁵

Denkt man ein Stück weiter, so wird eine weitere Möglichkeit mit diesem Konzept deutlich. Beschränkt man die Beschneidung nicht nur auf ein Teilbild, sondern schließt beide Bilder und ebenfalls alle Bildränder mit ein, erhält man ein komplett verkleinertes Fenster. Der Vorteil dieser zunächst unzweckmäßig

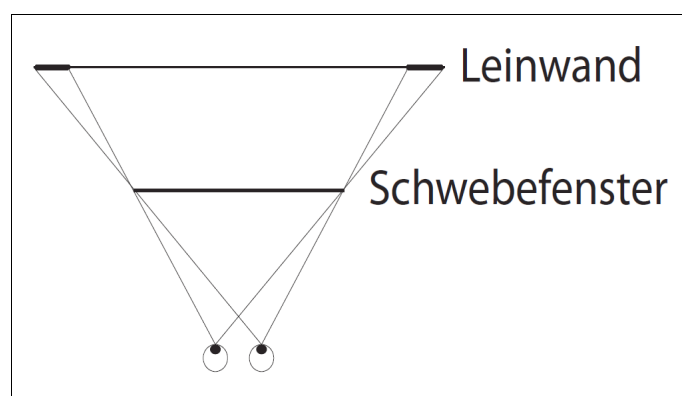


Abb.10: Schwebefenster

¹⁴³ LIPTON, Composition, 2009

¹⁴⁴ vgl. LIPTON, Glossary, 2009

¹⁴⁵ siehe TAUER, Stereo3D, 2010, S.264f.

erscheinenden Technik ist die Möglichkeit, diese Ränder anschließend übertreten zu können. Die Methode sah der amerikanische Regisseur Thomas Jane 2009 für seinen Debütfilm „Dark Country“ vor, bekam aber Probleme mit Sony¹⁴⁶. Den Effekt beschreibt er so:

„Because when you reach out into the audience, or when you have something break the audience space, if you move and hit the edge of the frame – top or bottom, left or right – the effect is broken, because you can’t escape the box. But if you create the box, then you can break the frame.“¹⁴⁷

Der dezente Einsatz dieser Technik könnte dem Zuschauer mehr Raum suggerieren, obwohl das Bild beschnitten wird. Denn wenn beispielsweise Äste und Blätter beim Streifzug durch einen Wald oder Laserfeuer im All die Grenzen des sichtbaren Bildes leicht übertreten, wird das Scheinfenster noch scheinbarer. Die Stereo3D-Technik macht es aber auch hier schwer, solche Effekte ohne exakte Berechnung umzusetzen. Einfacher sind da die üblichen Objekte, die mittig aus dem Bildschirm ragen können.

9.3.2 Betrachtterraumeffekte

Die meiste Zeit in der Geschichte sind sie es gewesen, die 3D-Filmen ein Gesicht verliehen – die Betrachtterraumeffekte oder auch Popout/Off-The-Screen-Effekte. Und kaum ein 3D-Film kommt ohne diese besonderen Momente aus, in denen meist ein spitzer oder dünner Gegenstand direkt zum Zuschauer ragt. Sei es der Speer von „Frankenstein“ (1973) oder die Spitze einer Rakete in „Ich, einfach unverbesserlich“ (2010), dem Zuschauer soll gezeigt werden, wie nah Objekte ihm kommen können. Oft eingesetzt werden sollten diese Effekte jedoch nicht, denn sie ermüden mit ihren großen Parallaxen nicht nur die Augen, sondern auch die Begeisterung, die sie anfangs noch auslösen konnten.

Eine negative Parallaxe in der Größe des mittleren Augenabstandes lässt diese Objekte immer auf halbem Weg zum Betrachter erscheinen. Dieser Wert kann überschritten werden, ist dann allerdings als geplanter Extremfall auch für den Betrachter extrem und wird ihn vermutlich aus dem Film reißen. Jahrmarkteffekte sind zudem nicht das Ziel eines hochwertigen S3D-Filmes, sondern Immersion und Präsenz und diese werden dann erreicht, wenn die 3D-Effekte sinnvoll ins Geschehen eingebettet werden.

¹⁴⁶ vgl. JANE/LIPTON, Country, 2010

¹⁴⁷ JANE/LIPTON, Country, 2010

„Eine Aufnahme mit adäquaten perspektivischen Tiefenhinweisen wird einen überzeugenden „Betrachterraumeffekt“ auch mit sehr niedrigen maximalen Parallaxenwerten erzeugen.“¹⁴⁸

9.3.3 Leinwandgröße

Parallaxen treten immer relativ zur Bildbreite auf, niemals absolut. Objekte, die auf einem Fernseher eine Parallaxe von 3cm besitzen, können auf einer Kinoleinwand schnell den 10-fachen Wert erreichen. Das ist der Grund, warum die Leinwandgröße überhaupt einen Einfluss auf den Dreh eines Stereo3D-Filmes hat. Sie ist schon vorher zu berücksichtigen, weshalb klar sein muss, auf welchen Größen das Material gezeigt werden soll.

Die beste Arbeitsweise stellt die Orientierung an der größten in Frage kommenden Leinwand dar. Auf kleineren Bildwänden oder Bildschirmen werden die Parallaxen dann stets kleiner und die Tiefe verringert sich. Insgesamt ist diese Methode jedoch schonender als auf einer größeren Leinwand extreme Parallaxen zu riskieren.¹⁴⁹ Bislang gibt es noch keine effektive Möglichkeit, den Tiefenumfang am Endgerät zu justieren oder variabel für verschiedene Abspielgrößen zu gestalten. Hier setzt dagegen die aktuelle Forschung an, die in Deutschland mit dem Konsortium PRIME auch diese Ziele verfolgt. Das Fraunhofer Institut versieht dazu ein S3D-Bild mit einer pixelgenauen Tiefenkarte, die anschließend automatische Tiefenskalierung und Interpolation ermöglichen soll.¹⁵⁰

Bis derart flexible Methoden anwendbar sind, muss weiterhin auf eine genaue Einhaltung von Grenzwerten geachtet werden. Diese beziehen sich hauptsächlich auf maximale Parallaxen. Beträgt die maximale positive Parallaxe 6,3cm, entspricht sie dem Augenabstand und der Punkt liegt in der Unendlichkeit. Diese Parallaxe stellt auf einer 10m breiten Leinwand 0,65% der Bildbreite dar. Nun kann der Prozentwert auf die horizontale Auflösung umgerechnet werden um genaue Pixelzahlen zu erhalten. Diese Parallaxe nennt sich native Parallaxe.

Wie im Kapitel „Tiefenumfang“ erwähnt, müssen Disparitäten von über 1,5° vermieden werden. Die dazugehörigen Parallaxen verändern sich allerdings auch

148 LIPTON, Foundations, 1982, S.101, übers. vom Verfasser, Original: „A shot that has appropriate perspective

cues will have a convincing “out of the screen” effect with very low values for $|P|_{\max}$.“

149 vgl. KLUGER/ENZIAN, Nichts, 2010, S.2

150 Fraunhofer Heinrich Hertz Institut, Multiview, 2009

mit der Leinwandgröße. Ein Auge konvergiert beispielsweise mit einem Winkel von $-0,6^\circ$ auf einen Punkt ohne Parallaxe auf einem 2m breiten Bildschirm¹⁵¹. Eine Disparität von $1,5^\circ$ tritt folglich dann auf, wenn der am weitesten entfernte Punkt – die positive Parallaxe – einen Blickwinkel von $+0,9^\circ$ erzeugt, was schon eine divergente Augenstellung bedeutet. Auf einer 10m breiten Leinwand ist der Blickwinkel auf einen Punkt auf der Leinwand noch bedeutend kleiner. Er liegt bei rund $-0,1^\circ$. In der Theorie wäre auch hier ein Tiefenumfang bis $+1,4^\circ$ zulässig, was jedoch eine viel zu divergente Stellung der Augen bedeutet. Selbst mit der Toleranz von 1cm mehr positive Parallaxe pro Meter Abstand zur Bildfläche¹⁵² wären die Augen noch immer überlastet. Daran wird deutlich, dass bei einem Fehlen von negativen Parallaxen, also einem Bild komplett hinter dem Scheinfenster, der Tiefenspielraum durch divergente Augenstellung begrenzt wird. Es ist somit seltener der Fall, dass der Tiefenumfang größer als $1,5^\circ$ ist, als dass divergente Stellungen auftreten.

Die angewandte Konvergenzwinkelformel findet sich im Kapitel „Berechnungen“. Um am Set aber nicht langwierige Mathematik zu vollführen, wird neben Vorschaumonitoren auch eine wichtige Faustregel eingesetzt. Schon der Autor des Buches „Stereoscopy“ N.A. Valyus beschrieb 1966 diese heute noch benutzte Regel:

„[Ein Konvergenzwinkel von $1,6^\circ$] wird in etwa erreicht, wenn die Parallaxe zweier korrespondierender Punkte des linken und rechten Bildes 0.03 mal die Bildschirm Entfernung beträgt.“¹⁵³

Leicht verändert wird diese Richtlinie auch heute noch eingesetzt, nun jedoch als Prozentangabe der Bildbreite. Ein Parallaxenwinkel von 1° entspricht ungefähr 3% der Bildbreite und sollte nicht überschritten werden.¹⁵⁴ Diese Richtlinie kann immer dann benutzt werden, wenn keine genaueren Angaben der zulässigen Grenzen vorliegen.

151 gilt für einen Betrachtungsabstand von 3m

152 siehe Kapitel „Tiefenspielraum“

153 VALYUS, Stereoscopy, 1966, S.373, zit. nach LIPTON, Foundations, 1982, S.100, übers. vom Verfasser, Original: „[...] occurs approximately when the parallax between a pair of points in the left and right images is 0.03 of the distance to the screen[...]“

154 vgl. BOLLIGER, Dimension, 2010, S.66

9.3.4 Zuschauerposition

Um dem Betrachter ein optimales 3D-Erlebnis zu bieten, müssten die meisten Kinos eigentlich einen Teil ihrer Sitze sperren lassen. Denn nicht jeder Platz ist geeignet für die S3D-Technik. Die Sitzplatzwahl hat bedeutende Auswirkungen auf die Tiefenwahrnehmung in Bezug auf Perspektive und Disparitäten, ganz unabhängig von den projizierten Bildern.

Eine erste Auswirkung stellt die seitliche Positionsänderung dar. In der Realität bewegen sich dabei Parallaxen und Objekte relativ zueinander. Das S3D-Bild sieht allerdings für jedes Objekt feste Positionen vor, weshalb es sich beim Positionswechsel scheinbar „mitbewegt“. ¹⁵⁵ Diese sogenannten Scherungsartefakte beeinflussen das Bild am wenigsten, da sie nur bei einer Bewegung negativ auffallen. Trotzdem können besonders nahe seitliche Plätze das Bild derart verzerren, dass die Tiefe nicht mehr real wirkt. Betrachterraumobjekte beispielsweise, die vor der Nase des Zuschauers erscheinen, behalten diese Position unabhängig vom Sitzplatz bei. So wird das Objekt ebenfalls zur Seite hin verzerrt. Sitzplätze, die außerhalb eines 40° Winkels von der Bildmitte in den Zuschauerraum gesehen liegen, sind davon betroffen. ¹⁵⁶

Die bedeutendere Frage ist die nach dem richtigen Betrachtungsabstand, bzw. ob ein Stereo3D-Film besser von nah oder fern betrachtet werden soll. Hier hat der Zuschauer eher freie Wahl, je nachdem, welches Ergebnis er bevorzugt. Ein naher Sitzplatz bedeutet höhere Disparitäten, mehr Nähe zum Nahobjekt, aber auch eine gestauchte Tiefenausdehnung. Die räumliche Wirkung ist jedoch erhöht, weil die Stereopsis im Nahbereich bis 20m die beste Tiefenerkennung bietet. ¹⁵⁷

Der umgekehrte Fall tritt bei einer Entfernung von der Leinwand auf. Das Bild wird zunehmend augenfreundlicher, weil Disparitäten aufgrund der höheren Entfernung mehr Toleranzen erhalten und damit geringer werden. Bedeutet eine positive Parallaxe des mittleren Augenabstandes aus der Nähe betrachtet noch eine fast parallele Augenstellung, so ist diese mehrere Meter weiter entfernt nicht mehr nötig, um das Bild zu fusionieren. Ein Nachteil der hohen Entfernung ist das Scheinfenster, welches einen großen Teil des Sichtfeldes einnimmt und damit der Immersion gegenarbeiten kann. Hier kann die Wirkung entstehen, man säße in einem Kasperletheater. Weiterhin von Nachteil kann auch das Dehnen der Tiefe

¹⁵⁵ vgl. TAUER, Stereo3D, 2010, S.103f.

¹⁵⁶ vgl. ebd., S.202

¹⁵⁷ siehe Kapitel „Visuelle Tiefenhinweise“

bei großen Betrachtungsabständen sein. Nahe Objekte kommen näher in den Raum, ferne Objekte bewegen sich weiter weg. Das liegt am immer gleich bleibenden Verhältnis von Parallaxe und Disparität.¹⁵⁸ Eine negative Parallaxe des mittleren Augenabstandes lässt das Objekt auf der Hälfte zum Zuschauer erscheinen – je nach Entfernung also weiter im Raum. Anders ausgedrückt wird diese Tatsache durch den Nahheitsfaktor, eingeführt von den Spottiswoode Brüdern, der die Beziehungen verdeutlicht.

Nahheitsfaktor N:

$$N = \frac{V}{P}$$

V...Abstand des Betrachters zur Leinwand

P...Abstand Betrachter zum fusionierten Objekt

wenn N=0...das Objekt liegt in der Unendlichkeit

wenn N=1...das Objekt liegt auf der Leinwand

wenn N=2...das Objekt liegt auf halbem Weg zur Leinwand¹⁵⁹

Jede Aufnahme besitzt einen vorbestimmten Tiefenumfang und die in ihr enthaltenen Objekte eine bewusst gewählte Tiefenausdehnung, normalerweise entspricht diese der Realität. Da der Kameramann oder Stereograf nie wissen kann, in welchem Abstand Zuschauer sitzen, ist es daher nötig, dass er sich nach einem Mittelwert richtet, einem optimalen Betrachtungsabstand (meist die 2-2,5-fache Bildhöhe)¹⁶⁰, dort wo der Großteil der Zuschauer sitzt, aber ohne die Personen in der ersten Reihe (meist 1-fache Bildhöhe)¹⁶¹ mit zu hohen Disparitäten zu verstören. Aufgrund dieser Mittelung ist die Tiefenwiedergabe an mittleren Plätzen am vorteilhaftesten. Unreal kann sie werden, wenn Objekte mit in uns eingprägten Formen wie Menschen im 3D-Kino entweder verflachen (Betrachter zu nah) oder unnatürlich tief (Betrachter zu fern) erscheinen, wie auf Abbildung 11 zu erkennen ist.

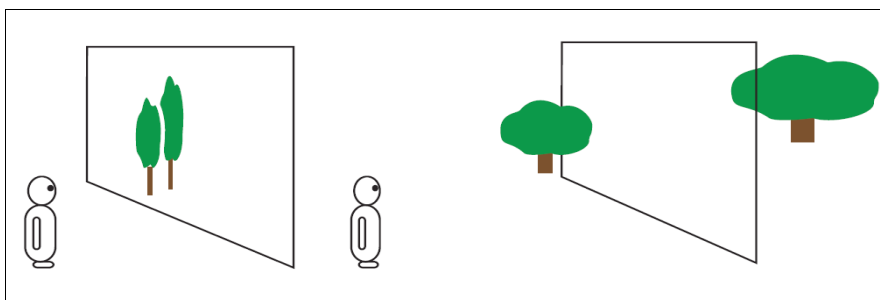


Abb.11: Zuschauerposition zu nah und zu fern

158 vgl. URBICHT/WAGNER, Betrieb, 2010, S.110

159 nach LIPTON, Foundations, 1982, S.142

160 vgl. BET, Betrachtungsabstand, 2008

161 vgl. LIPTON, Foundations, 1982, S.196

Zwischen einem weiten und einem kurzen Betrachtungsabstand muss somit genau eine Position existieren, an der das Bild die exakte Tiefendehnung erhält. In der Theorie ist dieser Platz eine erstrebenswerte Suche, in der Praxis jedoch nutzlos. Das Kapitel der Stereobasis hat deutlich gemacht, dass das Prinzip der Orthostereoskopie keine Technik für die Praxis sein kann. Entweder müsste sich der Stereograf demzufolge auf eine Bildschirmgröße und einen Kinosaal festlegen und jede Aufnahme mit einer genau berechneten Brennweite bzw. Stereobasis drehen, oder der Zuschauer müsste bei jeder Einstellung den Platz wechseln. Ein harmonisch ausgewogenes Gefüge aus Brennweite, Basis und Nahebene ist allerdings bedeutender als eine korrekte Tiefenwiedergabe für nicht mehr als fünf Sitzplätze.

9.4 Einzelparameter

9.4.1 Schärfentiefe

Blickt man mit beiden Augen im Sichtfeld umher, fällt auf, dass uns zunächst alles scharf erscheint. Eine Unschärfe tritt erst dann auf, wenn ein Objekt zu nah ist, um stereoskopisch wahrgenommen zu werden. Zusätzlich erscheint die Umgebung um einen fixierten Punkt zunehmend unscharf. Diese Punkte liegen außerhalb des Panumraumes und werden vom Gehirn unterdrückt.¹⁶² Eine tatsächlich sichtbare Unschärfe kommt aber bei gesunden Augen in der Realität nicht vor.

Anders ist es in der Fotografie und im 2D-Film. Seit Jahrzehnten hat sich die Möglichkeit entwickelt und durchgesetzt, Vorder- oder Hintergrund mit einer optischen Unschärfe zu versehen, um Tiefe zu suggerieren. Eine geringe Schärfentiefe kann auch an einem Einzelobjekt eingesetzt werden, wenn das Auge auf ein Detail gelenkt werden soll. Unser Gehirn hat gelernt, dass eine Unschärfe beim Betrachten nicht scharf wird. Trotz dieser Unnatürlichkeit haben wir uns an diese Darstellung gewöhnt. Hilfreich ist dabei die Tatsache, dass ein zweidimensionaler Film von sich aus keine reale Abbildung der Wirklichkeit ist, da ihm Tiefe fehlt.

Der künstliche Tiefenhinweis „verminderte Schärfentiefe“ wird nun im S3D-Film auf eine harte Probe gestellt. Alle im Bild vorhandenen Objekte weisen eine Tiefenstruktur auf, die mit Hilfe der Stereopsis ausgewertet wird. Ist ein solches

¹⁶² siehe Kapitel „Visuelle Tiefenhinweise“

Objekt mit einer unscharfen Oberfläche¹⁶³ und Form versehen, kann es nur dann als naturgetreues Unschärfeobjekt wahrgenommen werden, wenn es nicht fokussiert wird. Liegt es im besten Fall auch außerhalb des Panumraumes, kann das Gehirn mit Unterdrückung antworten. Die Zuschauer werden den Blick jedoch nur selten starr auf einem bestimmten Punkt behalten. Versuchen sie das Objekt zu fokussieren, bleibt es trotz aller Bemühungen der Akkommodation unscharf.

„Dann glauben sie kurz, es läge daran, dass sie das 3D nicht richtig wahrnehmen können und fallen aus der Geschichte.“¹⁶⁴

Der Einsatz von geringer Schärfentiefe im S3D-Film wird mit zwei Zielen begründet. Zum ersten ist es der Versuch, das Auge zu lenken, ähnlich wie im 2D-Film. Es sollten daher keine Dinge von Bedeutung unscharf dargestellt werden. Vor allem Nahobjekte, die bisher mit einer Unschärfe für belanglos erklärt wurden, erregen indes die Aufmerksamkeit der Stereopsis. Den Nahbereich abzutasten, ist für den Menschen seit jeher wichtiger als die ungreifbare Ferne. Es ist also auch darauf zu achten, dass sich nahe Unschärfeobjekte nicht zu sehr abheben, damit das umherwandernde Auge nicht eingeschränkt wird.

„In Disney's Meet the Robinsons waren es ein paar Heizrohre auf einem Dach, die wir refokussieren und schließlich zurück in den Fusionsbereich bewegen mussten.“¹⁶⁵

Für kurze Einstellungen oder bei Objekten, die derart prägnant im Bild angeordnet sind, dass mit Sicherheit von einer Fokussierung ausgegangen werden kann, sind Unschärfen um das Objekt allerdings erlaubt. Wichtig ist es, einen Kompromiss aus viel und wenig Räumlichkeit der Unschärfe zu erreichen. Eine sehr deutliche Form und Struktur kann das Auge zum Fokussieren auf dieses Objekt veranlassen. Fehlende Strukturen führen dazu, dass auch keine Parallaxen mehr wahrgenommen werden. Eine komplett verschwommene und strukturlose Wand im Hintergrund hat damit auch keine positive Parallaxe mehr und wird auf der Scheinfensterebene liegend wahrgenommen.¹⁶⁶ Dies kann das komplette Bild zerstören.

Das zweite Ziel einer geringen Schärfentiefe ist der harmonische Bildaufbau, wie er vom 2D-Film bekannt ist. Das Spiel mit scharfen und unscharfen Flächen

163 vgl. BOLLIGER, Raum, 2011, S.49

164 BRIEDE/BOLLIGER, Bildsprache, 2010, S.76

165 MENDIBURU, Making, 2009, S.112, übers. vom Verfasser, Original: „In Disney's *Meet the Robinsons*, we had a couple of heating pipes on a roof that we had to refocus on, and then move them back into the fusion range.“

166 vgl. URBICHT/WAGNER, Betrieb, 2010, S.112

erinnert bei professionellen Kameramännern stark an die Malerei von Gemälden. Hier ist ein Umdenken notwendig, denn mit der zusätzlichen Dimension ist der Kameramann mehr Raumgestalter und Architekt als Maler. Flächen werden zu Texturen von Raumobjekten, der goldene Schnitt muss auf Körper übertragen werden und genauso auch die Schärfentiefe. Am Film Avatar sieht man deutlich, dass James Cameron Unschärfen vor allem für Hintergründe einsetzt, wenn ein wichtiges Objekt oder eine wichtige Person den Vordergrund darstellt. Damit heben sich diese Objekte noch mehr ab. Verführt der Hintergrund mit auffälligen Elementen wie einem sich bewegenden Wasserfall das Auge dazu, ihn zu fokussieren, bleibt er bei Cameron scharf. Er verzichtet auch fast vollständig darauf, im Vordergrund Unschärfen einzusetzen. Diese Arbeitsweise ist sehr bedacht und erzeugt kaum Momente, in denen unscharfe Objekte zu fokussieren versucht werden.

Es ist ein Trugschluss zu behaupten, im S3D-Film müsse alles scharf sein. Bedacht gewählt kann die Schärfentiefe weiterhin ein unterstützender Tiefenhinweis bleiben. Und so wie wir gelernt haben, in einem 2D-Film eine unscharfe Fläche nur am Rande zu beachten, so können Erfahrungen im Betrachten von S3D-Filmen ebenfalls diesen Lerneffekt mit sich bringen oder schon besitzen. Unterm Strich muss jedoch mehr Schärfentiefe gewählt werden, was ein häufigeres Abblenden und einen bedeutend höheren Lichteinsatz nötig macht.

9.4.2 Perspektive

Die Perspektive ist der Eindruck, den die Form einer ebenen Abbildung von einem räumlichen Objekt hinterlässt.¹⁶⁷ Eben ist ein Stereo3D-Bild nicht. Als Abbildung der realen Welt auf einem anderen Wiedergabesystem lässt sich das Wort Perspektive aber auch hierauf anwenden. Wobei gänzlich andere Effekte auftreten als von der Arbeit mit 2D-Film bekannt.

Perspektivische Tiefenhinweise können infolgedessen ebenso in monokulare als auch binokulare eingeteilt werden. Erstere wurden schon im gleichnamigen Kapitel behandelt, im Besonderen die lineare und die atmosphärische Perspektive. Blickwinkelabhängigkeiten, aus denen die Frosch- und die Vogelperspektive entsteht, sind allseits bekannt und gelten natürlich weiterhin auch bei Stereo3D-Filmen. Weniger bekannt sind hingegen zwei binokulare Tiefenhinweise der

¹⁶⁷ vgl. BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT GmbH, Perspektive, 2011

Perspektive, die im Folgenden erklärt werden.

Größenverhältnisse einzuschätzen, fällt uns anhand vieler schon beschriebener Hinweise leicht. Mit der Stereo3D-Technik kommt die veränderbare Tiefenausdehnung und die Effekte Hyper- und Hypostereo hinzu. Beides beschränkt sich vollkommen auf das 3D-Kino und kann in der Natur nicht ohne weiteres auftreten. Der erste Effekt betrifft die schon oft erwähnte Stauchung und Streckung der Tiefe. Entscheidend hierfür ist die veränderbare Stereobasis eines Kamerasystems. Vergrößert sie sich, nehmen alle Parallaxen im Bild zu und die Tiefe wird gestreckt, eine Veränderung in die andere Richtung staucht die Tiefe. Das liegt daran, dass mehr oder weniger Realraum in den veränderten Tiefenspielraum passt, aber im Kino in einem festen Tiefenspielraum wiedergegeben wird. Abhängig von der gewählten Brennweite und der Distanz zu einem Objekt kann es so passieren, dass Objekte bis zur flachen Ebene gestaucht werden (cardboarding)¹⁶⁸ oder unnatürlich gestreckt werden. Besonders bei Menschen muss darauf geachtet werden, eine natürliche Form beizubehalten. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Auswirkungen verschiedener Parameteränderungen.

	Tiefe wird
Erhöhen der Stereobasis	gestreckt
Verringern der Stereobasis	gestaucht
Erhöhen der Brennweite	gestaucht
Verringern der Brennweite	gestreckt
Erhöhen der Distanz Kamera - Nahpunkt	gestaucht
Verringern der Distanz Kamera - Nahpunkt	gestreckt
Erhöhen der Distanz zur Leinwand	gestreckt
Verringern der Distanz zur Leinwand	gestaucht

Die Effekte Hyper- und Hypostereo bauen ebenfalls auf die Stereobasisänderung auf und bezeichnen un reale Größenverhältnisse in einem S3D-Bild. Der am häufigsten auftretende Fall ist der eines weit entfernten Hintergrundes mit einer langen Brennweite gefilmt, beides staucht Tiefe. Um diesem klassischen Fall von cardboarding entgegenzusteuern, kann nun eine besonders große Stereobasis gewählt werden. Und schon hat die entfernte Bergkette eine erkennbare Tiefe. Die Berge erscheinen jetzt allerdings mit der Stereopsis gut wahrnehmbar ca. 10m vor

¹⁶⁸ siehe Kapitel „Stereobasis“

dem Zuschauer und nicht wie in der Realität ohne binokulare Tiefenhinweise in der Unendlichkeit. Ein Modelleffekt entsteht, der Hyperstereo oder Liliputismus genannt wird.

„Werden die Kameras bedeutend weiter als der mittlere Augenabstand voneinander entfernt, können binokulare Disparitäten für viel entferntere Objekte wahrgenommen werden als es normal für die menschliche Wahrnehmung wäre.“¹⁶⁹

In 2D wird dieser Effekt in den letzten Jahren mit äußerst geringer künstlicher Schärfentiefe bei Landschaftsaufnahmen nachgeahmt, ohne dieses Hilfsmittel lässt er sich jedoch nur in S3D betrachten. Das Gegenteil beschreibt Hypostereo, oder auch Gigantismus. Ist die Stereobasis weit kleiner als der mittlere Augenabstand, erscheinen Objekte wie aus Kinderaugen betrachtet. Der Vergleich kommt nicht von ungefähr, denn Kinder sehen die Welt mit einem geringeren Augenabstand tatsächlich größer, unabhängig von ihrer Körpergröße.

Hyper- und Hypostereo können störend auffallen oder auch gar nicht bemerkt werden. Je nachdem wie stark sie eingesetzt werden, werden sie auch wahrgenommen. Weiterhin sind sie abhängig von anderen Tiefen- und Größenhinweisen. Weil die meisten Objekte auch in einen Größenzusammenhang gebracht werden, wenn sie aus der realen Welt bekannt sind, kann es passieren, dass der Zuschauer gar nichts davon bemerkt. Trotzdem bleibt die Möglichkeit offen, mit diesen Effekten bewusst zu experimentieren. So könnte die Sicht eines Riesen oder eines Zwerges im Fantasyfilm oder eines Insektes im Naturfilm nachgeahmt werden.

9.4.3 Bildausschnitt und Einstellungen

Mit einer umfassenden Vorbereitung sind in S3D fast dieselben Einstellungen möglich wie sie das Filmen in 2D bietet. Einschränkungen bietet im Besonderen der Tiefenspielraum, der vom Tiefenumfang eingehalten werden muss. Gerade bei geringer Nähe zum Objekt, wie es in Interviews der Fall ist, ist deshalb eine geringe Stereobasis vonnöten. Andernfalls wäre der Interviewpartner zu nah und würde zu große Parallaxen erzeugen. Kann die geforderte Stereobasis mit dem Kamerarig nicht erreicht werden, ist nur eine Abstandsvergrößerung zum

¹⁶⁹ MACADAM, Stereoscopic, 1954, S.285, zit. nach LIPTON, Foundations, 1982, S.132, übers. Vom Verfasser, Original: „If the cameras are separated much more than the normal interocular distance, the binocular disparities can be experienced for objects much further from the original scene than is normal for human vision.“

Interviewpartner möglich.¹⁷⁰ Aus einer Nahen wird so eine Halbnahe.

Kurze Brennweiten sind stereoskopisch besonders wirksam.¹⁷¹ Das Auge kann umherschweifen und die zum 2D-Bild gesteigerten Informationen erzeugen ein beeindruckendes Abbild der Wirklichkeit. Ein entfernter Hintergrund würde jedoch meist flach wirken. Wenn der Vordergrund mit Objekten in gestaffelter Tiefe versehen ist, kann dies zu vernachlässigen sein. Fehlen diese, ist eine längere Brennweite und/oder eine höhere Stereobasis angebracht. Solche Entscheidungen sind vorwiegend bei Totalen zu treffen, die eine Weitwinkaleinstellung erfordern.

Eine sehr klassische Einstellung ist die Over Shoulder Perspektive mit einer längeren Brennweite. Hier stellt die Schulter ein besonders nahes und unscharfes Objekt dar, welches den Tiefenumfang stark erhöht. Sie darf keinesfalls vor der Nullebene erscheinen, was eine Scheinfensterverletzung mit sich bringen würde. Damit der Tiefenspielraum eingehalten und die Schulter auf die Nullebene gesetzt wird, muss eine besonders kleine Stereobasis verwendet werden. Dies hat wiederum zur Folge, dass die entfernte Person zunehmend weniger Tiefe erhält und verflacht. Ein Ausweg bietet die Möglichkeit, die angeschnittene Schulter in der Nachbearbeitung zu maskieren und auf einem Teilbild zu entfernen. Dann fehlen ihr jegliche Parallaxen und sie erscheint immer auf der Nullebene.¹⁷² Es wird deutlich, dass diese Einstellung einen hohen Aufwand bedeutet. Einfacher – und stereoskopisch vorteilhafter – ließe sie sich ersetzen, indem beide Personen ins Bild rücken und als Amerikanische bis Nahe eingesetzt werden.

„[...] [E]ine Overshoulder im Dialog ist für 3D nicht die Wunscheinstellung
Nr. 1.“¹⁷³

Soll im Makrobereich gefilmt werden, ist ein besonders geringer Tiefenumfang gefragt, um dem Objekt Tiefe verleihen zu können. Aufgrund der Nähe zum Objekt und der sehr geringen Stereobasis kann ein Hintergrund in der Entfernung von einem halben Meter dabei schon zu viel sein. Für den Fall, dass der Tiefenumfang zu groß ist, bietet sich lediglich die Möglichkeit an, die Entfernung zum Objekt zu erhöhen und mit einer längeren Brennweite zu arbeiten.¹⁷⁴ Dadurch wird der Tiefenspielraum erhöht, aber auch die Tiefe gestaucht, was mit einem leichten Erhöhen der Stereobasis verhindert werden kann.

170 vgl. TAUER, Stereo3D, 2010, S.461

171 siehe Kapitel „Brennweite“

172 vgl. TAUER, Stereo3D, 2010, S.462

173 CRAMER/BOLLIGER, Standard, 2010, S.83

174 vgl. TAUER, Stereo3D, 2010, S.446f.

9.4.4 Kamerabewegungen

Der Tiefenhinweis der Bewegungsparallaxe¹⁷⁵ ist aus 2D-Kinofilmen nicht mehr wegzudenken. Bewegt sich im Bild nichts, dann erreicht eine sanfte seitliche Dollyfahrt immer einen besseren Tiefeneindruck als eine feste Position. Dasselbe gilt auch in drei Dimensionen. Fahrten können das Erlebnis bereichern. Trotzdem gelten auch hier Einschränkungen.

Wie in 2D, so stellen Schwenks auch in S3D keine reale Situation dar. Während die Augen oder der Kopf schwenkt, bekommen wir kein stetiges Bild zu sehen. Alle Bewegungen werden vom Gehirn unterdrückt und eine Neufixierung der Augen sorgt für ein neues unbewegtes Bild. Schwenks können im Kino für ein verschwommenes Bild sorgen. Deshalb überfordern sie die meisten Zuschauer und sollten vermieden werden.¹⁷⁶

Verschwommene Bewegungen sind auch bei sonstigen Fahrten mit Bedacht einzusetzen. Unsere Wahrnehmung basiert auf dem Erkennen von Linien und Kanten und orientiert sich zuallererst an ihnen. Deshalb kann sie erfolgreicher arbeiten, wenn sich diese Linien nicht bewegen. Solange aber die Grundstruktur erkennbar bleibt, werden selbst sich schnell bewegende Objekte von der Stereopsis noch wahrgenommen.¹⁷⁷ Zu starke Bewegungsunschärfe erzeugt das Fehlen von Disparitäten und lässt die Fläche auf die Nullebene rutschen.¹⁷⁸ Das Fenster in einem schnell fahrenden Zug kann ein Beispiel für diese Situation sein. Es sollte dann aus einem anderen Winkel oder gar nicht im Bild gefilmt werden.

Zoomfahrten stellen an erster Stelle die benutzte Hardware vor eine Herausforderung. Das komplette System muss exakt auf Synchronität getestet werden und bei Nichtsynchronität kalibriert oder ausgewechselt werden. Kaum eine Optik und Kamera ist der zweiten von Haus aus so ähnlich, dass sie eine Brennweitenänderung ohne Teilbildunterschiede zulässt.¹⁷⁹ Während der Zoomfahrt ändert sich auch der Tiefenspielraum und die Größe von Objekten, was ungewöhnlich für den Betrachter ist. Hier kann nur mit einer gleichzeitigen automatischen Stereobasisänderung reagiert werden. Nicht alle Systeme sind jedoch mit solchen Steuerungen ausgestattet. Dieser Aufwand ist dann meist zu hoch für nur eine Szene, in der gezoomt werden soll.

¹⁷⁵ siehe Kapitel „Monokulare Tiefenhinweise“

¹⁷⁶ vgl. LIPTON, Foundations, 1982, S.179

¹⁷⁷ vgl. TAUER, Stereo3D, 2010, S.18

¹⁷⁸ vgl. MENDIBURU, Making, 2009, S.121

¹⁷⁹ vgl. TAUER, Stereo3D, 2010, S.417

Beim Heranzoomen muss auf die Parallaxen des Hintergrundes geachtet werden, der sich zusammen mit einem zunehmendem Tiefenspielraum entfernt. Beim Herauszoomen führen Objekte, die vor der gewünschten Nullebene im Bild auftauchen, zu Scheinfensterverletzungen. Wenn Zoomfahrten eingesetzt werden sollen, dann eher in dezenter Form und nur, wenn ein bestimmtes bildgestalterisches Ziel sie auch wirklich rechtfertigt. Das gleiche gilt für Vertigofahrten, deren Einsatz dann wirklich Sinn machen kann, wenn die sich verändernde Tiefenausdehnung um das gewünschte Objekt eine erzählerische Absicht hat. Doch auch hier gilt: Ein ausgiebiger Test, besonders mit dem Einfluss der Stereobasis, ist unerlässlich.

9.4.5 Licht und Schatten

Helligkeitsunterschiede, wie sie Licht und Schatten darstellen, treten hauptsächlich als eine Art Textur auf. Licht kann nur selten dreidimensional sichtbar sein, und auch dann nur als Unterschied zwischen Licht und Schatten, beispielsweise in Form von Strahlen. Auch wenn Licht und Schatten daher mit zwei Augen nicht anders wahrgenommen wird als mit einem Auge, haben sie gerade auf eine S3D-Produktion ganz spezielle Auswirkungen.

Zuerst kann immer mit einem höheren Lichteinsatz gerechnet werden. Im Kapitel „Schärfentiefe“ wurde erklärt, dass ein S3D-Bild meist mehr Schärfentiefe benötigt, was eine niedrigere Blende und wiederum mehr Licht bedeutet. Desweiteren halbiert der Spiegel eines Spiegelrigs das Licht für beide Optiken, schluckt damit eine zusätzliche Blende¹⁸⁰ und erhöht den Lichtaufwand zusätzlich.

„Für die Makroaufnahmen des Filmes Bugs! 3D war soviel Licht nötig, dass am Set nur noch mit Sonnenbrillen gearbeitet wurde.“¹⁸¹

Große, dunkle Bereiche wie Schatten müssen dann vermieden werden, wenn sie keine klaren Strukturen mehr aufweisen, denn dann können auch keine Disparitäten erkannt werden und die Fläche rückt auf die Nullebene und wird flach.¹⁸² Ein weiterer Grund für die Unvorteilhaftigkeit von starken Schatten ist die Stereopsis, deren feinste Unterschiede im Bereich der Sehgrube erkannt werden. Diese ist mit eher lichtunempfindlichen Zellen bestückt. Deshalb funktioniert das

¹⁸⁰ nach BOLLIGER, Raum, 2011, S.49

¹⁸¹ TAUER, Stereo3D, 2010, S.446

¹⁸² vgl. MENDIBURU, Making, 2009, S.113

Sehen von Disparitäten in hellen Bereichen besser als in dunkleren.¹⁸³ So fallen aber auch Teilbildunterschiede in hellen Bereichen am meisten auf.

Diese Unterschiede können auch durch Lichteinfluss entstehen. Ist auf einem von beiden Teilbildern eine helle Stelle, die auf dem anderen nicht vorhanden ist, wirkt das hellere dominant und die Stelle ist im Gesamtbild zu sehen.¹⁸⁴ Der Grund dafür sind Lichtstrahlen, die in unterschiedlichem Winkel oder für einen begrenzten Bereich ausgesandt werden. Sie fallen dann in unterschiedlicher Form in die Optiken oder werden nur von einer von beiden eingefangen. Beispiele können Reflexionen, Spiegelungen oder Lens Flares sein. Reflexionen, die nur auf einem Teilbild zu sehen sind, werden auch „Stereoskopischer Glanz“ genannt, da der Unterschied beider Teilbilder im Gesamtbild wie ein Schimmern wirkt.¹⁸⁵ Spiegelungen können schon extremere Auswirkungen haben. Bei einer großen Stereobasis stellt die Spiegelung beispielsweise in einem Fenster zwei verschiedene Perspektiven dar, die unter keinen Umständen fusioniert werden können. Manche Spiegelrigs polarisieren einfallendes Licht zusätzlich selektiv linear.¹⁸⁶ So nimmt der Unterschied noch weiter zu, denn reflektiertes Licht, wie es von Wolken, Wasser, metallischen Oberflächen oder Glasscheiben ausgesendet wird, ist in der Regel polarisiert und wird dann verschiedenartig zu beiden Optiken geleitet. Ist eine solche unterschiedliche Spiegelung einmal aufgenommen, kann sie nur noch in der Nachbearbeitung behandelt werden.

Ebenfalls ein Fall für die Nachbearbeitung sind Lens Flares wie Blendensterne oder Blendenflecke. Unterschiedliche Einfallswinkel an jeder Optik führen zu Disparitäten und einer Tiefenausdehnung der Flares.¹⁸⁷ Dies ist ein unnatürlicher Effekt, denn Lens Flares treten in der Natur nicht auf und wurden erst als Stilmittel in der Fotografie und 2D-Filmen eingeführt. Eine Räumlichkeit würde das Stilmittel zum Raumobjekt anheben. Die Tiefe kann später durch die HIT noch weiter ungewollt verstärkt werden. Aus diesem Grund sind Lens Flares im Gegensatz zur Aufnahme mit einer Kamera zu vermeiden und können hinterher künstlich eingefügt werden.

Zwei nutzbare Vorteile von Licht und Schatten sind jedoch auch zu nennen. Zum einen kommt bei dunklen Lichtverhältnissen in S3D ein Interpolationseffekt zum Tragen, der Rauschen vermindert. Verantwortlich dafür ist unser Gehirn. Die

183 vgl. TAUER, Stereo3D, 2010, S.13

184 vgl. ebd., S.63

185 nach ebd., S.91

186 vgl. BOLLIGER, Raum, 2011, S.51

187 vgl. TAUER, Stereo3D, 2010, S.432

Bilder jeder Kamera weisen eine andere Form von Rauschen auf und unsere Wahrnehmung interpoliert diese minimalen Unterschiede, indem sie einen Mittelwert bildet.¹⁸⁸ Zum anderen können mit bewusstem Lichtsetzen bzw. Abdunkeln divergente Parallaxen oder Scheinfensterverletzungen kaschiert werden.¹⁸⁹

Helle Lichtquellen bedeuten mitunter auch einen hohen Kontrast. Wie im nächsten Kapitel deutlich wird, kann dort „Ghosting“ entstehen, was den Einsatz von weichem Licht nötig macht.

9.4.6 Kontrast

Selbst die aktuell weit fortgeschrittene S3D-Technik des Polarisations-¹⁹⁰ und Shutterverfahrens¹⁹¹ kann Teilbilder noch nicht hundertprozentig exakt trennen. Kommen Anteile eines anderen Halbbildes am nicht dafür vorgesehenen Auge an, spricht man vom „Übersprechen“ oder „cross-talk“. Normalerweise sind diese Bestandteile so gering, dass sie nicht wahrgenommen werden. Gerade bei kontrastreichen Kanten kann der Effekt jedoch als halbtransparenter Schattenrand¹⁹² sichtbar werden, was dann „Ghosting“ genannt wird. Gut deutlich wird er primär beim veralteten Anaglyphverfahren, dessen Bildtrennung bei den höchsten Kontrasten kaum funktioniert.

Es gibt vier Arten, Ghosting zu verhindern. Die erste Möglichkeit ist, hochwertigere Leinwände für die Polarisationsmethode oder bessere Brillen für die Shuttermethode zu verwenden.¹⁹³ Darauf hat man beim Dreh jedoch keinen Einfluss. Die zweite ist, auf hohe Kontraste zu verzichten, was jedoch nicht immer möglich ist. Lediglich entfernte helle Fenster in einem Gebäude können abgehängt oder helle direkte Lichtquellen aus dem Bild entfernt werden. Die dritte Möglichkeit ist eine Kontrastverringering auffälliger Kontrastkanten in der Post. Die vierte lässt sich beim Dreh schon besser anwenden, denn sie sieht vor, diese Kontrastkanten auf die Nullebene zu legen. Wo keine Parallaxen auftreten, kann auch kein Ghosting auftreten.

¹⁸⁸ vgl. KLUGER/ENZIAN, Nichts, 2010, S.3

¹⁸⁹ siehe Kapitel „Scheinfenster“

¹⁹⁰ siehe Kapitel „Pionierphase“

¹⁹¹ siehe Kapitel „Erste Hochphase“

¹⁹² nach BOLLIGER, Raum, 2011, S.49

¹⁹³ vgl. KLUGER/ENZIAN, Nichts, 2010, S.5

9.4.7 Farbe

Neben der herkömmlichen Gestaltung können bestimmte satte Farben oder Signalfarben wie Rot in Stereo3D-Filmen bewusst zur Blicklenkung eingesetzt werden. Sie erzeugen beim Schnitt auf ein neues Bild am meisten Aufmerksamkeit und werden vorzugsweise fixiert, genau wie eine helle Fläche mit dunkler Umgebung. Das ist wichtig, um das Auge bei schnellen Schnitten auf eine bestimmte Tiefenebene zu lenken oder von Unschärfen abzubringen, sollen diese nicht zuerst fixiert werden.

Warme Farben werden zudem immer näher empfunden als kalte Farben, womit sich ein weiterer monokularer Tiefenhinweis - die Farbperspektive – ergibt und weitere Tiefe suggerieren kann, wenn stereoskopische Tiefe fehlt.¹⁹⁴

9.4.8 Oberflächentexturen

Eine Textur stellt die Oberflächenbeschaffenheit von Objekten dar bzw. ihre sichtbaren Strukturen. Bis zu diesem Punkt wurde schon mehrmals erklärt, dass eine Oberflächenbeschaffenheit für die Stereopsis gut wahrnehmbar ist, wenn sie klare Linien und Kanten hat. Damit die horizontalen Parallaxen wahrnehmbar werden, sind somit vertikale Linien besser geeignet als horizontale. Ein bildfüllendes Wellblechdach sollte zum Beispiel in S3D nicht aus einem Winkel gefilmt werden, der nur parallele horizontale Linien erschafft. Die Teilbilder würden stereoskopisch nicht unterscheidbar sein und das Bild ergäbe eine 2D-Fläche.

Geht man von einem Stereo3D-Bild aus, das viele Oberflächeninformationen auf verschiedenen Tiefenebenen enthält, kann man dies mit einer dreidimensionalen Textur vergleichen. Die zahlreichen Blätter eines Busches kommen so in S3D viel besser zur Geltung. Unterstützt wird diese Wirkung auch durch eine subjektiv höhere Schärfe von Texturen, da beide Augen das Grundrauschen eines Bildes interpolieren.

„[...] [Z]war wird aus zwei mal 2K immer noch nicht 4K, denn es ist ja derselbe Bildinhalt, aber der Seheindruck wird nochmal etwas schärfer.“¹⁹⁵

¹⁹⁴ vgl. TAUER, Stereo3D, 2010, S.431

¹⁹⁵ KLUGER/ENZIAN, Nichts, 2010, S.5

9.4.9 Dramaturgische Teilbildunterschiede

In den meisten Fällen sind Teilbildunterschiede ungewollte Artefakte, die möglichst gar nicht erst auftreten sollen und so gut wie möglich verhindert oder beseitigt werden. Dazu gehören die schon behandelten Reflexionen, Lens Flares, Spiegelungen, sehr nahe Partikel, Ghosting, Keystoning und andere geometrische Asynchronitäten, Scheinfensterverletzungen oder Farb-, Helligkeits- und Kontrastunterschiede. Doch lassen sich Teilbildunterschiede auch bewusst für die Bildgestaltung nutzen?

Es gibt keine richtige Antwort, denn sich darauf zu berufen, dass die Augen keine verschiedenen Bilder sehen dürfen, kann nicht falsch sein. Jedoch sind für bestimmte Effekte in Filmen schon immer die Möglichkeiten der Technik ausgelotet worden. Andernfalls wären Stilmittel wie Lens Flares heute nicht bekannt. Für Teilbildunterschiede können so nur Möglichkeiten vorgeschlagen werden, umgesetzt werden sie dann von kleinen Filmmachern, bis sich Hollywood traut. Denn eines haben sie alle gemeinsam - sie wirken verstörend.

Der Filmmacher Thomas Jane nutzte Teilbildunterschiede in seinem Thriller „Dark Country“ von 2009:

„I used it [...] towards the end. The character becomes very disoriented, and I use retinal rivalry to give us a sense of the distortion that he's perceiving.“¹⁹⁶

Auch können geistähnliche Objekte in Horrorfilmen damit erstellt werden, indem sich der Bildinhalt desselben zwischen den Augen unterscheidet. Fehlt es auf einem Bild komplett, erscheint es halbdurchsichtig auf der Nullebene. In der Postproduktion lassen sich dabei mit Sicherheit kreativere Ergebnisse erreichen.

Lenny Lipton versuchte ein anderes Experiment. Er beschränkte den Unterschied auf die Sättigung und bot unwissenden Zuschauern eine versteckte Szene an, in der ein Auge ein farbiges und das andere nur ein schwarz-weißes Bild erhielt. Während einem kleinen Teil kein Unterschied auffiel, berichtete der Großteil von einem Schimmern und schwächeren Farben.¹⁹⁷

„To me, it suggests something magical or wonderful and might be used to illustrate a fantasy, for example.“¹⁹⁸

¹⁹⁶ JANE/LIPTON, Country, 2010

¹⁹⁷ vgl. LIPTON, Foundations, 1982, S.186

¹⁹⁸ LIPTON, Foundations, 1982, S.186

Ob sich in absehbarer Zeit ein Blockbuster an dieses Experiment wagt, ist ungewiss. Die Möglichkeiten, die bewusste Teilbildunterschiede ermöglichen, sind aber mit Sicherheit noch nicht ausgeschöpft.

10 Schnitt und Dramaturgie im Stereo3D-Film

Die dritte Dimension, das Hauptmerkmal eines Stereo3D-Filmes, beeinflusst nicht nur die Bildgestaltung und Kameraarbeit, sondern ebenso den Umgang mit Schnitt und Dramaturgie. Konventionelle Methoden lassen sich nicht mehr ohne weiteres anwenden. Im Vergleich zu einer 2D-Produktion wird der spätere Schnitt zudem beim Dreh noch wichtiger. Denn die Rückkehr in frühere Arbeitsschritte wird aufgrund einer sehr hohen Verflechtung der verschiedenen Abschnitte erschwert. Will man beispielsweise den Tiefenumfang wegen eines einzusetzenden animierten Effektes vergrößern, muss man im schlimmsten Fall die komplette Szene mit neuen Kameraeinstellungen neu drehen.¹⁹⁹ Aus diesem Grund hat sich ein neues Hilfsmittel etabliert, das allen Beteiligten über die Stereodarstellung Auskunft gibt – das Tiefenskript.

Erstellt wird dieses vom Stereografen in Verbindung mit Regie und Kamera. Es legt parallel zum Storyboard oder Drehbuch die gewünschte Tiefenwiedergabe und Parameter fest, auf lange sowie auf kurze Sicht. Auf kurze Sicht kann damit gewährleistet werden, dass sich keine Tiefensprünge (Jump Cuts) ergeben und die Tiefe während eines Schnittes für die Augen gut betrachtbar bleibt.

Es muss also darauf geachtet werden, was mit dem Tiefenumfang und dem Punkt der Aufmerksamkeit bei einem Schnitt passiert. Ein nahes Vordergrundobjekt, welches plötzlich ein fokussiertes Hintergrundobjekt ablöst, kann nicht sofort konvergiert werden. Der Zuschauer sieht für einen Moment Doppelbilder, weil er nicht mit diesem starken Tiefensprung gerechnet hat. Das ist nur in den seltensten Fällen gewollt. Sprünge vom Vorder- zum Hintergrund sind in der Regel einfacher zu betrachten als umgekehrt, denn die Muskeln für die Konvergenz erreichen in der Entfernung einen entspannten Zustand, in den angenehmer gewechselt werden kann als in eine stark angespannte Stellung.²⁰⁰

Das Tiefenskript hilft mit seinen Informationen, kontinuierliche Tiefenanschlüsse zu erhalten. Auf diese muss sowohl am Set, als auch in der Nachbearbeitung geachtet werden. Während der Aufnahme hat demzufolge der Stereograf die Aufgabe, mit dem Tiefenspielraum und Tiefenumfang eine Kontinuität zu erreichen oder zumindest für die Nachbearbeitung zu ermöglichen. Mehr Flexibilität durch große Spielräume für die HIT ist da von Vorteil. Auch kann hier schon darauf

¹⁹⁹ vgl. URBICHT/WAGNER, Betrieb, 2010, S.110

²⁰⁰ nach TAUER, Stereo3D, 2010, S.275

geachtet werden, auf welcher Tiefenebene der Blick des Zuschauers vor dem Schnitt liegt und nach dem Schnitt liegen soll. Der Blick kann dabei wie schon erwähnt durch verschiedene Möglichkeiten gelenkt werden. Einerseits sind es 2D-Gestaltungsgesetze wie goldener Schnitt und Mittelpunktfixierung oder monokulare Tiefenhinweise, andererseits auch eine bewusste Aufmerksamkeitslenkung mit Hilfe bestimmter Farben, Kontraste oder Reflexe.

„Wir haben oft in Bildübergängen einen Reflex eingefügt, um den Blick dorthin zu lenken, oder woanders einen Reflex weggenommen, weil er irritiert hat. [...]Und man hat auch Ton natürlich -- ich kann irgendwo ein Tonereignis im Bild verankern und den Blick dorthin lenken.“²⁰¹

Grundsätzlich kann man sagen, dass die Schnittreihenfolge für S3D-Filme schon bei der Aufnahme stärker beachtet werden muss als bei 2D-Filmen.

Für die Postproduktion kommt mit der Teilbildausrichtung, das heißt dem „Stereo Sweetening“²⁰² und dem „Depth Grading“, ein weiterer stereoexklusiver Aufwand hinzu. Je nachdem, wie gut durchdacht und durchgeplant jede Aufnahme am Set in Bezug auf die Tiefendarstellung wurde, sind diese Arbeitsschritte mehr oder weniger aufwendig. Das Depth Grading ist neben dramaturgischen Entscheidungen ebenfalls dafür verantwortlich, dass Form und Position der Tiefe in den S3D-Bildern entsprechend der Abspielgröße problemlos wahrnehmbar sind. Es stellt demnach den abschließenden Prozess für das Erreichen von Tiefenkontinuität (auch „Convergence Leading“ genannt)²⁰³ dar. Tiefenänderungen lassen sich momentan mit drei unterschiedlichen Methoden erreichen:

Die simpelste und gebräuchlichste Möglichkeit ist die Teilbildverschiebung (HIT)²⁰⁴. Sie verschiebt den Tiefenumfang im Bild nach vorn oder hinten und definiert damit die Lage der Nullebene neu. Die Ausdehnung und Form des Tiefenumfanges wird dabei nicht verändert. So kann sie bei einem Schnitt dafür sorgen, dass keine großen Sprünge in der Tiefe vorhanden sind.

Die zweite Methode baut auf der HIT auf und nennt sich „Dynamischer Tiefschnitt“. Wenn ein Tiefsprung eines Schnittes minimiert werden soll, ohne ein komplettes Bild zu verschieben, kann er angewendet werden. Hierfür wird der Tiefenumfang der Bilder kurz vor bis kurz nach einem Schnitt aufeinander zu bewegt. Die Augen folgen unbewusst der Konvergenz und nehmen keinen

201 KLUGER/ENZIAN, Nichts, 2010, S.6

202 siehe Kapitel „Nullebene und Teilbildausrichtung“

203 vgl. MAIER/BOLLIGER, Internsität, 2011, S.60

204 siehe Kapitel „Nullebene und Teilbildverschiebung“

Tiefensprung, sondern eine flüssige Tiefenveränderung wahr.²⁰⁵ Sie lassen sich sogar dann noch lenken, wenn die Änderung von sehr kurzer Dauer ist.²⁰⁶

Die letzte Möglichkeit stellt die komplexeste dar und erfordert die Analyse der Tiefeninformationen per Software. Die Parallaxen der Teilbilder werden dabei zu Tiefenkarten („depth maps“) umgewandelt, auf der verschiedene Tiefenebenen verschiedene Helligkeiten besitzen. Dank dieser grafischen Tiefendarstellung kann nun innerhalb bestimmter Grenzen auch die komplette Tiefe skaliert werden²⁰⁷, was einem Stauchen oder Strecken gleichkommt. Dafür wird der Bildinhalt automatisch mit einer Änderung auf der Tiefenkarte angepasst. Ebenso ist mit dieser Methode eine selektive Tiefenkorrektur möglich, die Korrektur über einfache Masken oder ein Keying einzelner Objekte.²⁰⁸ Diese Tiefenkarten sind keine neue Erfindung und werden beispielsweise von Sony oder Microsoft schon für ihre kamerabasierte Konsolensteuerung genutzt. Die Grenzen ihrer Möglichkeiten müssen jedoch erst ausgeschöpft werden. Eine Stereobasisänderung ist damit noch nicht ersetzbar, denn dazu fehlen der Tiefenskalierung Bildinformationen wie binokular verdeckte Objekte.

Egal, mit welchen Methoden oder in welcher Form Tiefe verändert und dargestellt wird, sie bietet unserer Wahrnehmung einen erhöhten Informationsfluss, der verarbeitet werden muss. Daher sind schnelle Schnitffolgen schwerer verarbeitbar als in 2D. Zwar existierte vor einigen Jahren auch die Ansicht, besonders schnelle Schnitte dürften nicht eingesetzt werden und speziell das Musikfernsehen bewies das Gegenteil. Aber ob für S3D der gleiche „Lerneffekt“ eintritt, kann momentan noch nicht abgesehen werden. Bis dahin gilt die Regel: je größer die Tiefenausdehnung, desto langsamer der Schnitt.²⁰⁹

Neben der Aufgabe, Tiefenübergänge für den Schnitt vorab festzulegen, kommt dem Tiefenskript eine weitere Rolle – vielleicht sogar die wichtigste – zu. Es muss eine Tiefendramaturgie erschaffen. Wie Musik oder Schnitt einen Spannungsbogen besitzen, so gilt er auch für die Tiefe. Eine starke Ausdehnung bietet viele Informationen, die Augen können umherschweifen, werden beeindruckt oder können kaum alles fassen. Eine schwache Tiefendehnung hingegen konzentriert das Bild auf wesentliche Objekte und verdichtet. Letztere bietet sich beispielsweise für emotionale Momente an, in denen die

205 vgl. MENDIBURU, Making, 2009, S.88

206 nach TAUER, Stereo3D, 2010, S.275f.

207 vgl. ebd., S.270f.

208 vgl. ebd., S.262

209 vgl. ebd., S.276f.

Aufmerksamkeit auf den Charakteren liegt. Dramatische Momente können wiederum von einer hohen Tiefendehnung profitieren. Im Film „Coraline“ von Henry Selick gab es sogar zwei verschiedene Tiefenkonzepte für die beiden Welten, in denen sich die Hauptdarstellerin bewegte.²¹⁰

Wenn sich die Tiefendarstellung an einen wohldurchdachten Spannungsbogen hält, ist sie mit ihren Möglichkeiten ab diesem Moment kein Effektextra mehr, sondern ein gleichwertiges Stilmittel der Bildgestaltung.

²¹⁰ vgl. BOLLIGER, Raum, 2011, S.48

11 Berechnungen

Die Parameter einer Stereo3D-Aufnahme lassen sich nicht nur anhand von groben Beziehungen zueinander oder der Wirkung auf den Betrachter beschreiben, sondern auch als physikalisch-optisches Gefüge anhand von mathematischen Gleichungen und Formeln. Am Set ist es selten möglich, diese Komplexität mit einem Taschenrechner anzuwenden. Aus diesem Grund existieren neben Vorschaumonitoren auch zahlreiche Softwarelösungen, die mitunter grafische Darstellungen des Tiefenspielraumes und Kamerapresets nach Realmodellen anbieten. Auf eine Vorschaumöglichkeit sollte allerdings auch mit dem besten Programm nicht verzichtet werden.

11.1 Software

Die umfangreichsten, aber auch teuersten Lösungen werden für Heimrechner angeboten. Mit ihnen lassen sich alle Werte von der Stereobasis bis hin zu bildgrößenabhängigen Sichtwinkeln einstellen oder berechnen. Auch Tiefenspielräume werden grafisch angezeigt, teilweise sogar als Anaglyphenbeispiel.

Beispiele für auf Windows und Mac lauffähige Programme:

- Inition StereoBrain Calculator
- Stereotec Stereoscopic Calculator

Beim Dreh fehlt meist ein Rechner, hier kommen dann Mobilgeräte zum Einsatz, für die es aktuell die größte Anzahl an Programmen gibt, deren Preis im Bereich von 3-100€ liegt.

Beispiele für Apple-Geräte wie Iphone, Ipod oder Ipad:

- RealD Professional Stereo3D Calculator
- SpeedWedge IOD Calc
- 3D Movie Calculator
- Cine3D Stereographer
- Stereo Depth 3D Calculator
- Dashwood 3DA1 Calculator (nur für Panasonic AG-3DA1 Camcorder)

Beispiele für Android-Geräte:

- Mistika Stereo 3D Calculator
- S3D Stereoscopic Base Calculator
- BaseCalc (auch für Windows Mobile verfügbar)

Einige Websites bieten kostenfreie Programme an, mit denen die benötigte Stereobasis oder Parallaxen errechnet werden kann. Sie stammen zumeist aus dem Bereich der Stereofotografie und sind auf eine Sensorgröße des Kleinbildformates beschränkt. Trotzdem sind sie zur groben Orientierung hilfreich oder wenn die zugrunde liegenden Gleichungen bekannt sind und in eine andere Größe umgerechnet wird.

Beispiele für diese Programme:

- BaseCalc (<http://pmeindre.free.fr/BaseCalc.html>)
- Triaxes Stereometer (<http://triaxes.com/products/stereometer/>)
- Stereo Calc (http://www.stereoeye.jp/software/sbcalc_e.html)

Desweiteren können Tabellen, die für eine Variable verschiedene Ergebniswerte auflisten, ausgedruckt werden. Zugleich existieren sie als Excel-Tabellen und sind daher vergleichbar mit üblicher Software.

Ein Beispiel bieten die verschiedenen Exceltabellen der Website:

<http://www.binocularity.org/page19.php>

11.2 Faustregeln

Muss es einmal schnell gehen wie bei Dokumentationen, können weder Formeln noch Software oder Vorschau-monitore zum Ermitteln der nötigen Werte herangezogen werden. In diesem Fall hilft nur die Erfahrung oder einfache Faustregeln.

Die erste Faustregel ist ein Relikt aus der Stereofotografie im Kleinbildformat. Sie besagt, dass die Stereobasis (cm) nicht größer sein darf als 3% der Nahpunktdistanz (cm). Benutzt wurde sie vor allem für kleine Druck- und Bildschirmgrößen, sie kann jedoch auch für Leinwände gelten, wenn sie statt drei ein Prozent vorsieht.²¹¹

²¹¹ vgl. MENDIBURU, Making, 2009, S.74

Die zweite Faustregel stellt die Abhängigkeit von Stereobasis, Brennweite und Nahpunktdistanz dar und kann umgestellt für jeden der Parameter verwendet werden. Diese Faustregeln helfen vorwiegend bei Drehbedingungen, in denen tatsächlich nur noch dieser eine Parameter variabel ist.

$$\text{Stereobasis}(cm) \leq \frac{\text{Nahpunkt}(cm)}{\text{Brennweite}(mm)}$$

$$\text{Nahpunkt}(cm) \geq \text{Stereobasis}(cm) \times \text{Brennweite}(mm)$$

$$\text{Brennweite}(mm) = \frac{\text{Nahpunkt}(cm)}{\text{Stereobasis}(cm)} \quad ^{212}$$

Die dritte Faustregel besagt, dass eine Parallaxe von 3% Bildschirmbreite einem Konvergenzwinkel von ungefähr 1° entspricht, beziehungsweise eine Parallaxe von 3% der Zuschauerdistanz einen $1,6^\circ$ großen Konvergenzwinkel erzeugt.²¹³

11.3 Formeln

Die der Stereo3D-Technik zugrunde liegenden Gleichungen und Verhältnisse sind für die direkte Anwendung am Set kaum tauglich. Trotzdem wird folgend ein Überblick über die wichtigsten mathematischen Beziehungen der verschiedenen Parameter gegeben. Sie zu verstehen steigert nicht nur das Verständnis für die verschiedenen Situationen, die beim Dreh aufkommen können, sondern sie ermöglichen auch das Erstellen eigener Tabellen für verschiedene Situationen.

Native Parallaxe:

$$P_n = \frac{t_e \times B_p}{L_b}$$

P_n ...native Parallaxe in Pixeln

t_e ...mittlerer Augenabstand in cm

B_p ...horizontale Bildauflösung in Pixeln

L_b ...Leinwandbreite in cm

Mit dieser Rechnung kann für eine bestimmte Leinwandgröße die native Parallaxe in Pixeln errechnet werden, die einem mittleren Augenabstand entspricht und damit zu einer parallelen Unendlichkeitsstellung der Augen führt.

²¹² nach TAUER, Stereo3D, 2010, S.336

²¹³ siehe Kapitel „Leinwandgröße“

Konvergenzwinkelberechnung:

$$\alpha = \arctan \frac{t_e - P}{V}$$

α ...Konvergenzwinkel der Augen

t_e ...Augenabstand

P ...Parallaxe

V ...Distanz zur Leinwand²¹⁴

Wie bei Abbildung 12 deutlich wird, sind α und β die Winkel der Totalkonvergenz. Halbiert man sie, erhält man den Konvergenzwinkel eines einzelnen Auges, allerdings nur für den Symmetriefall, das heißt, wenn das fixierte Objekt auf der y-Achse zwischen den Augen liegt. Und auch nur für diesen Fall kann man ohne weiteres Disparitäten, also die Differenz zwischen dem Winkel eines fixierten Objektes und dem eines anderen, für ein Auge berechnen. Für Objekte, die nicht auf dieser Achse liegen, ist die exakte Disparitätsberechnung weitaus komplexer.

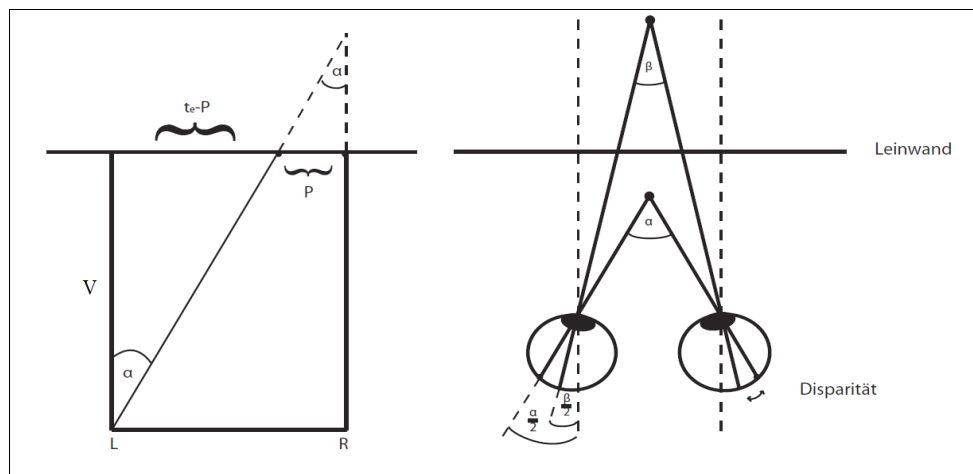


Abb.12: Konvergenzwinkel²¹⁵

Divergenzwinkel:

$$\delta = \frac{d}{V}$$

δ ...Divergenzwinkel

d ...Divergenz in cm

V ...Distanz zur Leinwand

Treten Divergenzen auf, so kann man speziell nur diesen Divergenzwinkel berechnen. Die Divergenz d wird dabei als Differenz zwischen der Parallaxe des divergenten Objektes und des Augenabstandes angegeben.²¹⁶

²¹⁴ vgl. LIPTON, Foundations, 1982, S.99

²¹⁵ nach ebd.

²¹⁶ vgl. ebd., S.191f.

Tiefenumfangsgleichung:

$$P_m = \frac{M f_c t_c}{D_0 - D_m}$$

P_m ...(maximale) Parallaxe auf dem Bildschirm

MFramevergrößerungsfaktor

f_cBrennweite

t_cStereobasis

D_0 ...Distanz zum Nahobjekt

D_m ...Distanz zum Fernobjekt²¹⁷

Mit dieser Formel kann ein Stereograf die Auswirkungen der Kameraeinstellungen bzw. eines bestimmten Tiefenumfanges auf die Parallaxe errechnen. Wird die Gleichung umgestellt und an Stelle von P_m die maximale gewünschte Parallaxe für die Wiedergabebedingung eingesetzt, können ebenfalls alle anderen Parameter berechnet werden.

Der Framevergrößerungsfaktor M stellt die Vergrößerung der Sensorgröße zur Wiedergabegröße dar, kann aber auch – gerade bei Filmmaterial - als Abhängigkeit der Projektoreinstellungen angegeben werden. Dann muss er mit

$\frac{Q}{f_p}$ ersetzt werden, wobei Q der Abstand des Projektors zur Leinwand ist und f_p die Projektorbrennweite.

Objektvergrößerungsfaktor m :

$$m = \frac{f_c M}{D_0}$$

f_cBrennweite

MFramevergrößerungsfaktor

D_0 ...Distanz von Kamera zur Nullebene²¹⁸

Soll ein Objekt auf einem Bildschirm die selbe Größe wie in der Natur erreichen, muss mit dem Objektvergrößerungsfaktor gerechnet werden. Ergibt der Faktor 1, hat ein Objekt auf der Leinwand die selbe Größe wie in Natur und kann nur noch in der Tiefenausdehnung verändert werden (mit der Stereobasis und dem Betrachtungsabstand).

²¹⁷ vgl. STEREOGRAPHICS CORP., Handbook, 1997, S.37

²¹⁸ vgl. LIPTON, Foundations, 1982, S.216

Nahheitsfaktor N^{219} :

$$N = \frac{V}{P}$$

V...Abstand des Betrachters zur Leinwand

P...Abstand Betrachter zum fusionierten Objekt

Bedingungen für orthostereoskopische Aufnahmen²²⁰:

$$t_c = t_e \quad t_c \dots \text{Stereobasis, } t_e \dots \text{mittlerer Augenabstand}$$

$$V = M \times f_c \quad (\text{die einzige Bedingung, die für orthostereoskopische 2D-Aufnahmen gilt})$$

f_c ...Brennweite

V....Abstand Betrachter zur Leinwand

M...Framevergrößerungsfaktor bei Projektion, dieser ist ersetzbar

mit $\frac{Q}{f_p}$, wenn Q...Abstand Projektor zur Leinwand und

f_p ...Brennweite des Projektors)²²¹

$$P_m = t_e \quad (P_m \dots \text{maximale Parallaxe})$$

$$m = 1 = \frac{V}{D_0} \quad (m \dots \text{Objektvergrößerungsfaktor, } D_0 \dots \text{Distanz von Kamera zur Nullebene})^{222}$$

An diesem Beispiel wird deutlich, wie stark Abhängigkeiten werden können, wenn ein ganz bestimmtes und exaktes Ergebnis in Stereo3D erhalten werden soll.

Hyperkonvergenz:

$$D_{hd} = \frac{f_c t_c}{K}$$

D_{hd} ...Distanz zum Hyperkonvergenzpunkt

f_c ...Brennweite

t_c ...Stereobasis

K...stereoskopische Konstante

219 siehe Kapitel „Zuschauerposition“

220 siehe Kapitel „Stereobasis“

221 siehe LIPTON, Foundations, 1982, S.111

222 siehe ebd., S.225f.

$$K = \frac{P_m}{M}$$

K....stereoskopische Konstante

P_m..maximale Parallaxe

M...Framevergrößerungsfaktor²²³

Müssen die Kameras eingeschwenkt genutzt werden, weil beispielsweise keine kleinere Stereobasis möglich ist, kann die Ebene berechnet werden, auf die eingeschwenkt werden muss, ohne zu große Parallaxen auftreten zu lassen. Dieser Punkt ist der Hyperkonvergenzpunkt. Für seine Berechnung wichtig ist die stereoskopische Konstante, die einen Bezug zwischen Leinwand- und Sensorgröße und maximaler Parallaxe herstellt. Wird an dieser Stelle eine maximale Parallaxe des mittleren Augenabstandes eingesetzt, erhält man in der Hyperkonvergenzgleichung eine Distanz, auf die eingeschwenkt werden kann, während die entferntesten Punkte eine Parallaxe des mittleren Augenabstandes erwirken. Natürlich kann ebenfalls eine Parallaxe eingesetzt werden, die Divergenzen beispielsweise bis zu 1° einbezieht, wenn hohe Betrachtungsabstände dies erlauben.

223 vgl. Lipton, Foundations, 1982, S.193ff.

12 Fazit

Jahrzehntelang hatte der 2D-Film Zeit, sich zu einer Kunstform zu entwickeln, die unter dem Einfluss zahlreicher Menschen eigenständige Stilmittel und Arbeitsweisen erhielt. Im Laufe dieser Zeit haben Filmemacher ganz unterschiedlicher Art die Grenzen dieser Form gesucht, überschritten und erkannt. Damit entstanden allgemeingültige Regeln, an denen sich jeder ohne weiteres orientieren konnte.

Diese Regeln werden von der Stereo3D-Technik zu einem gewissen Grad auf den Kopf gestellt. Nicht alles verändert sich, doch zumindest ist jeder Bereich der Filmentwicklung betroffen. Auf diese Weise werden hochkomplexe Arbeitsabläufe an den Anfang ihres Entwicklungsprozesses zurückgesetzt. Das liegt im sprunghaften, nicht kontinuierlichen Fortschritt der S3D-Technik begründet. In Anbetracht der verschiedenen Phasen, in denen sie komplett von der Bildfläche verschwunden war, kann das eigentliche Alter dieser Technik als weitaus jünger bezeichnet werden. Aus diesem Grund sind ihre Grenzen und Gesetzmäßigkeiten längst nicht so anerkannt, wie es im 2D-Film der Fall ist. Das hat zur Folge, dass Stereografen, Kameramänner und weitere Beteiligte unterschiedliche Lösungsansätze für die neuen Probleme einer S3D-Produktion entwickeln. Stechen mit der Zeit bestimmte Lösungsansätze als tauglichste Methode hervor, wird sich die Bezeichnung „Problem“ zu „Herausforderung“ und anschließend zu „obligatorischem Verfahren“ wandeln.

Die größten Hürden, die eine S3D-Produktion für die Bildgestaltung bietet, liegen in der Darstellung der Tiefe. Die Flexibilität am Set nimmt ab, weil Tiefenumfang und Tiefenspielraum selten frei veränderbar sind. Steht die Position der Kamera oder des Bildinhaltes fest, muss der Tiefenspielraum angepasst werden. Können Kameraparameter nicht weiter verändert werden, ist wiederum das Verändern der Position oder der Objekte vonnöten. Weiterhin muss ein Stereograf die Tiefenausdehnung der Objekte und die Wirkung auf den Zuschauer im Auge behalten. Sind Divergenzen zulässig, Hyper- oder Hypostereo vorhanden, die Nullebene am richtigen Ort? Dies sind Fragen, mit denen sich ein Stereograf schon vor der Aufnahme beschäftigen muss, die aber größtenteils erst in der Nachbearbeitung deutlich werden. Die einzelnen Stationen und Arbeitsbereiche von Personen verschmelzen also mehr miteinander, wenn in S3D gedreht wird. Das hat ein erhöhtes Maß an Kontrolle und Vorbereitung zur Folge. Mehr Technik,

mehr Personen, mehr Aufwand. Damit wird ein Stereo3D-Film gut beschrieben.

Wären diese Maßnahmen allerdings nicht vorhanden, könnten schlechte Ergebnisse in der Darstellung auftreten. Dem Zuschauer wird dabei einiges zugemutet, denn Divergenzen, Teilbildunterschiede oder eine unnatürliche Darstellung von Tiefe kann einen kompletten Film beeinträchtigen. All diese Faktoren lassen sich jedoch ausschließen, wenn eine adäquate Vorbereitung stattfindet.

Dass einige Personen trotz allem keine guten Erfahrungen in S3D-Filmen machen, liegt in den unterschiedlichen Wahrnehmungsapparaten jedes Menschen begründet. Das Gehirn gleicht Fehler des Apparates aus, kann dann hingegen nicht in jedem Fall einen S3D-Film wie gewünscht wahrnehmen. Die Folge ist das Fehlen jeglicher Tiefe – kein allzu großes Problem für diesen Fall. Entsteht allerdings Schwindel oder Kopfschmerz, wird das Betrachten beinahe unmöglich gemacht. Wie diese Arbeit verdeutlicht hat, sind die Fehlerquellen der S3D-Technik momentan noch so groß, dass oft nicht die überempfindlichen Sinne des Zuschauers, sondern entweder eine falsche Aufnahme, falsche Projektion oder falscher Sitzplatz den Grund dafür darstellen. Auch die mitunter noch fehlende Adaption an verschiedene Bildschirmgrößen kann zu Überforderung der Augen führen, wenn ein Film auf einer größeren Leinwand wiedergegeben wird, als für die er bestimmt wurde. In dieser Arbeit wurden verschiedene Möglichkeiten benannt, eine Tiefenadaption zu ermöglichen. Trotzdem ist es gerade in diesem Feld nötig, bessere und schnellere Technik- und Softwarelösungen zu entwickeln.

Ein Punkt gegen mögliche Beschwerden ist der Gewöhnungseffekt, von welchem in mehrerlei Hinsicht ausgegangen wird. So kann beispielsweise die erwähnte Entkoppelung zwischen Akkommodation und Konvergenz auch für Zuschauer „erlernt“ werden, die anfangs noch Probleme damit haben und näher als 7 Meter vor der Bildwand sitzen. Ab 7 Metern spielt diese wie beschrieben ohnehin keine Rolle mehr, weshalb ihr in Bezug auf eine Kinowiedergabe kein schwarzer Peter zugeschoben werden sollte. Weiterhin werden wie bei der Einführung des großen Cinemascope-Formats schnelle Schnitte als nicht 3D-tauglich angesehen, was sich im damaligen Fall schnell dank Gewöhnung erübrigt hat. Eine bewusste Blickführung des Zuschauers ist in S3D das Hauptinstrument, um auch schnelle Schnittfolgen zu ermöglichen, ohne dass der Zuschauer aus dem Film fällt. Die Lenkung des Blickes zieht sich als wichtiges Ziel durch die Bildgestaltung jeder Aufnahme bis hin zur Nachbearbeitung.

Fällt der Zuschauer an keiner Stelle aus dem Film, kann der größte Trumpf der neuen Technik zur Geltung kommen – die Immersion und Präsenz. Dank erhöhter Informationen für das Gehirn des Betrachters, kann er bei guter Qualität vermutlich besser im Film „versinken“, als es in 2D der Fall wäre. Obwohl dies davon unterstützt wird, dass mehr Bild, mehr Oberfläche und eine wirklichkeitsgetreue Darstellung geboten wird, liegen genaue Studienergebnisse darüber noch nicht vor. Dessen ungeachtet stellt der S3D-Film im Bereich der Wirkung auf den Zuschauer seine volle Kraft dar. Die Augen können durch das Bild schweifen, das Gehirn wird durch die Nutzung der Stereopsis dazu angeregt, Tiefeninformationen zu verarbeiten, Entfernungen einzuschätzen und den Raum und nicht mehr nur das Bild zu betrachten.

Immersion und Präsenz sind eine der Hauptmöglichkeiten der Bildgestaltung, die noch mehr auf die psychische Wirkung als nur die optische abzielt. Es kommen erweiterte Gestaltungsmethoden wie das Schwebefenster, neue Perspektiven wie Hyper- und Hypostereo oder die bewusste Ausnutzung von Tiefenebenen zur Bildkomposition hinzu. Damit sind neue Instrumente geschaffen, die richtig umgesetzt zu neuen Erlebnissen für den Zuschauer führen.

„Richtig“ umgesetzt wird aktuell allerdings nicht jeder S3D-Film. Gerade bei nachträglichen Konvertierungen zählt das schnelle Geld, denn diese Filme reichen mit ihrer künstlichen Tiefe selten in die Nähe der Tiefenwirkung von in S3D gedrehten Filmen. Dann erhält der Zuschauer ungenaue oder sogar verwirrende Tiefeneffekte, weil die einzelnen Tiefenebenen nicht dem entsprechen, was für den Bildinhalt eigentlich vorgesehen wäre. Auch ist deren Bildgestaltung beim Dreh mit einer Kamera zu wenig tiefenoptimiert. Vor allem bei Zuschauern, die noch wenig Erfahrung mit S3D haben, können solche Filme verschreckend wirken. Deshalb muss die dritte Dimension als dramaturgisches Element und nicht als unterhaltsame Zugabe verstanden werden. Sie muss in den Hintergrund treten und als weiteres Element neben Ton und Farbe das Erlebnis unbewusst bereichern. Dem neuen Tiefenskript kommt dabei die wichtige Verantwortung zu, eine Tiefendramaturgie zu erschaffen.

Sind diese Bedingungen gegeben, kann das Stereo3D-Bild eine fest verankerte Position innerhalb der Kinowelt einnehmen. Verschwinden wird der S3D-Film mit Sicherheit nicht mehr so schnell, dafür wurde in ihn bereits zu viel investiert. Es kommt langfristig aber auf die Qualität der Filme an, wie dieses zukünftige Miteinander verteilt ist. Wenn die Bildgestaltung und deren Umsetzung in den Kinosaal eine mindestens gleichwertige Reife erreicht, wie es für den

zweidimensionalen Film bereits gilt, ist sie dank erhöhter Immersion der Hauptgrund, wenn der Zuschauer die 3D-Vorführung eines Filmes bevorzugt.

Index

#

3DTV 31,38

A

A/C Breakdown 25f, 86

Akkommodation 18f, 23, 25f, 62, 86

Ames'scher Raum 20

Anaglyphverfahren 5f, 12, 24, 70, 78

Asynchronität 12f, 27, 67, 72

Auflösung 8, 10, 21, 57, 80

Augenabstand 8, 20, 27, 29f, 38f, 43ff,

47f, 51, 56f, 59f, 65, 80f, 83f

Autostereoskopie 10

B

Betrachterraum 8, 26, 32, 47, 53, 59

Betrachterraumeffekt 54, 56f, 59

Betrachtungsabstand 26, 31, 38, 59ff, 64, 82, 84

Bewegungsparallaxe 36, 67

Bewegungsunschärfe 67

Binokulare Verdeckung 36, 76

Blendenfleck/-stern 69

Blicklenkung 42, 61f, 71, 75f, 86

Blickwinkel 10, 18, 33, 58, 63

Border Violation →

Scheinfensterverletzung

Brennweite 4, 30, 32, 37, 42, 44f, 49, 50ff, 61, 64, 66f, 80, 82f

Brille, 3D- 1, 5, 6ff, 17, 33, 70

C

Cardboarding 37, 42, 44, 46, 51, 60, 64, 66

Cinemascope 86

Convergence Leading 75f, 86

Cross Talk → Übersprechen

D

Depth Grading 47, 75

Depth Map 76

Disparität 20, 21ff, 26f, 29f, 32, 37ff, 40ff, 51, 57ff, 60, 65, 67ff, 81

Display 16, 26

Divergenz 18, 26f, 38, 47, 55, 58, 81, 84ff

Divergenzwinkel 81f

Doppelbild 22, 74

Dramaturgie 3, 15, 41, 72, 74ff, 77, 87

F

Farbe 6, 9, 16, 47, 71f, 75, 87

Faustregel 32, 42, 52, 58, 79f

Fernpunkt/Fernebene 39, 40ff, 44, 51f

Fixationspunkt 18ff, 21f, 25, 61, 81, 18,

Fotografie 1, 4, 32, 61, 69, 79

Framevergrößerung 82ff

Fusion 22f, 38f, 50, 59f, 62, 69

G

Gewöhnungseffekt 25, 86

Ghosting 27, 70, 72

Gigantismus → Hypostereo

Glanz, stereoskopischer 69

Goldener Schnitt 75

Green Screen 41, 44

H

Hintergrund 41ff, 44, 61ff, 64, 66, 68, 74, 87

Horizontal Image Translation 47f, 50, 55f, 63, 69, 74f

Horizont 35

Horoptyer 23

Hyperkonvergenz 83f

Hyperstereo 64f, 85, 87

Hypostereo 46, 65, 85, 87

I

IMAX 13f, 53

Immersion 34, 43, 52, 56, 59, 87f

Interpolation 57, 69ff

J

Jump Cut → Tiefensprung

K

Kameras, parallele 31, 46, 48ff

Kameras, eingedrehte 7, 46, 48ff, 84

Kamerafahrt 9, 36, 67f,

Kameramann 1f, 7f, 12, 40f, 60, 63

Kameraposition 32, 50, 85

Keying 76

Keystoning 48ff, 72

Kinetoskop 5

Kinetograph 5

Kinosaal 24, 31, 38, 61, 87

Kontrast 36, 47, 70, 72, 75

Konvergenz 18f, 25
 Konvergenzwinkel 50, 58, 80f
 Konvertierung (2D zu 3D) 15, 87
 Kulisseneffekt → Cardboarding

L
 Laterna magica 5f
 Leinwandebene 25, 29, 30, 38, 46, 51, 53
 Leinwandgröße 31, 37, 39f, 45, 57f, 80
 Lens Flare 69, 72
 Licht 5f, 9, 18, 18, 35f, 63, 68ff
 Liliputismus → Hyperstereo
 Live Action 44

M
 Makro 66, 68
 Maskierung 47
 Modelleffekt → Hyperstereo
 Multibasis 44

N
 Nachbearbeitung 2, 13, 15, 17, 30f, 40f, 46, 50, 53, 66, 69, 72, 74f, 85f
 Nahheitsfaktor 60, 83
 Nahpunkt/Nahebene 46f, 51f, 61, 64, 79
 Netzhaut 4, 18, 20ff, 29, 38
 Nullebene 29ff, 46ff, 49f, 53, 55, 66ff, 69f, 72, 75, 82f

O
 Objektiv → Optik
 Objektvergrößerungsfaktor 82f
 Optik 8, 43, 50, 67ff
 Orthostereo 44f, 61, 83
 Over-Shoulder 66

P
 Parallaxe, maximale 27, 38, 42, 48, 57, 82
 Parallaxe, native 39, 57, 80
 Parallelstellung 18, 27, 31, 46
 Panumraum 23, 61f
 Partikel 42, 72
 Perspektive 9, 14, 34ff, 45f, 51, 53, 59, 63f, 66, 69, 71, 87
 Perspektive, atmosphärische 36, 63
 Perspektive, Farb- 71
 Perspektive, Linear- 35
 Präsenz 34, 52, 56, 87
 Programm → Software
 Projektion 5f, 12f, 27, 30, 48, 53, 83
 Polarisationsverfahren 6, 9f, 12f, 70
 Popout-Effekt → Betrachtterraumeffekt
 Postproduktion → Nachbearbeitung

R
 Rahmenverletzung → Scheinfensterverletzung
 Random Dot Stereogramme 21, 26
 Rauschen 69ff
 RealD 27
 Reflexionen 7, 10, 69, 72
 Relative Größe 35
 Rotoscoping 47

S
 Sakkaden 22
 Sättigung 71f
 Schärfentiefe 9, 26, 33, 51, 61ff, 65, 68
 Schatten 9, 14, 35, 68ff
 Scheinfenster 27, 29f, 46ff, 53ff, 56, 58f, 66, 68, 70, 72
 Scheinfensterverletzung/-übertretung 27, 53ff, 66, 68, 70, 72
 Scherungseffekt 59
 Schnitt 3, 71, 74ff, 86
 Schwebefenster 55
 Schwenk 67
 Sehgrube 18ff, 21, 2632, 40, 68
 Sensorgröße 51, 79, 82, 84
 Shiftsensor 50
 Shot-in-3D 15
 Shutterverfahren 7f, 70
 Software 15, 32, 40, 52, 76, 78f
 Spiegelung 69, 72
 Stereo Sweetening 47, 75
 Stereobasis 8, 30, 32, 37, 42ff, 45ff, 49, 51f, 61, 64f, 66ff, 76, 78f
 Stereograf 1f, 40f, 45, 60f, 74, 82, 85
 Stereokonstante 83f
 Stereopsis 21, 23f, 27, 36, 52, 59, 61f, 64, 67f, 71, 78
 Stereoskop 4f
 Supression → Unterdrückung

T
 Teilbild 22f, 27, 29, 41, 46ff, 52, 54f, 66, 69ff, 71, 75, 86
 Teilbildausrichtung 41, 46f, 75
 Teilbildunterschied/-konflikt 23, 27, 49, 52, 54, 67, 69, 72, 86
 Textur 63, 68, 71
 Tiefenausdehnung 33, 40, 51f, 59f, 64, 68f, 76, 82, 85
 Tiefenebene 44, 49f, 71, 75f, 87
 Tiefenhinweis 9, 15, 18ff, 24, 33, 35ff, 43, 57, 61, 63, 65, 67, 71, 75
 Tiefenhinweis, monokularer 9, 19, 24, 35ff, 43, 63, 71, 75

Tiefenhinweis, okulomotorischer 18
Tiefenumfang 30, 32, 37, 39ff, 46f, 50, 52,
54, 57f, 60, 65f, 74f, 82, 85
Tiefenumfangsgleichung 52, 82
Tiefenkarte 76
Tiefenkontinuität → Convergence Leading
Tiefenskalierung 57, 75f
Tiefenskript 41, 74, 76, 87
Tiefenspielraum 30, 37ff, 40ff, 46f, 51,
54f, 58, 64ff, 67f, 74, 78, 85
Tiefenstauchung 37, 43ff, 59, 64, 66, 76
Tiefenstreckung 37, 45, 47, 64, 76
Tiefensprung 74ff
Tiefenwirkung/-eindruck 8, 20, 32, 35f,
41, 43, 54, 59, 67, 85
Trapezverzerrung → Keystoning

U
Übersprechen 70
Unterdrückung 22f, 27, 49, 61f, 67

V
Verdeckung 36, 43, 76
Visuelle Überforderung 26ff, 38, 40, 67,
86
Vertigofahrt 68
Vordergrund 9, 42, 44, 54, 63, 66, 74

Z
Zero Parallax Setting → Nullebene
Zoom 47, 67f
Zuschauerposition 53, 59ff
Zuschauerraum → Betrachtterraum

Literaturverzeichnis

Bereczky, Dr. Andreas (2010): "Ist bereit für 3DTV?. Von HDTV zu 3DTV – Markterfolg oder Hype?. 19. Symposium der Deutschen TV-Plattform". URL: http://www.tv-plattform.de/images/stories/archiv/2010/symposium_2010_zdf-bereczky_impulsreferat.pdf [Stand 10.6.2011].

BET (Hg.) (2008): „Betrachtungsabstand“. URL: <http://www.bet.de/Lexikon/Begriffe/betrachtungsabstand.htm> [Stand:2.8.2011].

Bibliographisches Institut GmbH (Hg.) (2011): „Perspektive“. URL: <http://www.duden.de/rechtschreibung/Perspektive> [Stand: 5.8.2011].

Bolliger, Matthias (2010): "Auf zur dritten Dimension!". In: Film&TV Kameramann, 20. Dezember. 2010, S. 50-74.

Bolliger, Matthias (2011): "Der zu gestaltende Raum". In: Film&TV Kameramann, 20. Januar 2011, S. 48-56.

Bolliger, Matthias, in Interview durch Neubauer, Ruodlieb (2011): "Begegnung mit der dritten Art". In: Professional Production, Jan/Feb 2011, S. 14-19.

Briede, Marc, in Interview durch Bolliger, Matthias (2010): "Neue Bildsprache!". In: Film&TV Kameramann, 20. Dezember 2010, S.76-78.

Chu, Karen (2011): „'Avatar' Producer Jon Landau Calls on Apple, China to Embrace 3D“. In: Hollywood Reporter, 6.6.2011, URL: <http://www.hollywoodreporter.com/news/avatar-producer-jon-landau-calls-195122> [Stand: 18.6.2011].

Cordes, Nils (2011): „3D-Kino ist nichts für unsere Augen oder unser Gehirn“. URL: <http://www.scienceblogs.de/evolvimus/2011/01/3dkino-ist-nichts-fur-unsere-augen-oder-fur-unser-gehirn.php> [Stand: 22.6.2011]

Cramer, Sebastian, in Interview durch Bolliger, Matthias (2010): "Neuer Standard?". In: Film&TV Kameramann, 20. Dezember 2010, S. 82-84.

Crespinel, William A. (2000): „Pioneer Days in Colour Motion Pictures with William T. Crespinel“. In: Film History: An International Journal 12, no. 1, S. 67.

Dehn, Peter (2011): "Content bisher Mangelware". In: Film&TV Kameramann, 20. Januar 2011, S. 64-65.

Denig, Lynde (1915): „Stereoscopic Pictures Screened. Edwin S. Porter and W.E. Waddell Show Remarkable. Three Dimension Photography to Audience at the Astor Theater“. In: The Moving Picture World, Juni 1915, S. 2072.

- Dickson, William K.-L./ Dickson, Antonia (1895): *History of the Kinetograph, Kinetoscope and Kinetophone*. New York.
- Dodgson, Neil A. (2004): "Variation and extrema of human interpupillary distance". In: Proc. SPIE, Vol. 5291, S. 36-47.
- Dowdy, Andrew (1973): *The Films of the Fifties. The American State of Mind*. New York.
- EBU Technology & Development (Hg.) (2010): *3D Briefing Document for Senior Broadcast Management. 3D TV – Its importance to EBU Members*. Le Grand-Saconnex, (Technical Report 10).
- Eisenstein, Sergei M. (1949): „About Stereoscopic Cinema,“. übers. v. de la Roche, Catherine, In: Penguin Film Review, 8. Januar 1949, S.35.
- Elmer-Dewitt, Philip/Kanise, Seiichi (1990): „Technology: Grab Your Goggles, 3-D Is Back!“. In: Time, 16.4.1990, o.S., URL: <http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,969840,00.html> [Stand: 18.6.2011].
- Enzian, Heidi (2010): "Einführungen : Grundlagen der stereoskopischen 3D-Produktion ". URL: <http://www.slashcam.de/artikel/Einfuehrungen/Grundlagen-der-stereoskopischen-3D-Produktion.html> [Stand 10.6.2011].
- Fraunhofer Heinrich Hertz Institut (Hg.) (2009): „3D Multiview Generation. Conversion of stereo content for auto-stereoscopic 3D displays“. URL: <http://www.prime3d.de/fileadmin/downloads/IBC-Multiview-v3.pdf> [Stand: 4.8.2011].
- Geduld, Harry (1967): *Film Makers on Film Making*. Bloomington.
- Gieselmann, Hartmut (2010): „Schneller als das Auge“. In: c't, 20/2010, S.32-33.
- Grab, Markus (Hg.): „Die weltweit erfolgreichsten Filme aller Zeiten“. URL: <http://www.insidekino.de/TOPoderFLOP/Global.htm> [Stand: 18.6.2011].
- Hammons, Earl W. (1924): „Third Dimension' Effect Realized“. In: Motion Picture News, 23. January 1924, o. S..
- Hancock, David (2011): „Digital cinema over the tipping point“. Studie v. Screen Digest, URL: http://www.screendigest.com/reports/2011319b/2011_04_digital_cinema_over_the_tipping_point/view.html [Stand: 18.6.2011].
- Herbig, Gerhard P. (2005): "Die 3 goldenen Regeln der Stereofotografie". URL: http://www.herbig-3d.de/german/stereofotografie_frame.htm?own [Stand 27.5.2011].
- Ivanov, Semyon (1941): „Russia's Third Dimensional Movies“. In: American Cinematographer, Mai 1941, o.S..
- Jane, Thomas, in Interview durch Lipton, Lenny (2010): "Dark Country – An Interview With Thomas Jane". URL: <http://lennylipton.wordpress.com/2010/08/28/dark-country-an-interview-with-thomas-jane> [Stand 2.7.2011].

Julesz, Belá (1964): „Binocular Depth Perception without Familiarity Cues“. In: Science, Vol.145, Nr.3630, 24.7.1964, S.356-362.

Kluger, Josef, in Interview durch Enzian, Heidi (2010): „Interviews : Nichts ist schneller versaut als ein stereoskopisches Bild“. URL:
<http://www.slashcam.de/artikel/Interviews/Nichts-ist-schneller-versaut-als-ein-stereoskopisches-Bild.html> [Stand 10.6.2011].

Kong, Rithdee (2011): „Naturally 3D. 'Avatar' producer talks about the inevitability of the format and turning 'Titanic' into 3D“. Cameron, James in Interview mit Rithdee, Kong, In: Bangkok Post, 8.6.2011, o.S..

Leventhal, Jacob F. (1926): „The First Use of Stereoscopic Pictures in Motion Picture Theatres“. In: Society of Motion Picture Engineers Journal, November 1926, S.34.

Lipton, Lenny (1982): *Foundations of the Stereoscopic Cinema. A study in depth*. New York/Scarborough/Mitcham/Wokingham [elektr. Kopie v. Woods, Andrew, Curtin University of Technology, V.600.1. URL:
<http://www.andrewwoods3d.com/library/foundation.cfm> [Stand 12.6.2011]].

Lipton, Lenny (2008): „Wrong, Wrong, Wrong: Myths Of Stereoscopic Filmmaking“. URL: <http://lennylipton.wordpress.com/2008/06/11/reality-check> [Stand 6.7.2011].

Lipton, Lenny (2009): „Avatar“. URL:
<http://lennylipton.wordpress.com/2009/12/28/avatar> [Stand 7.7.2011].

Lipton, Lenny (2009): „Email To A Producer“. URL:
<http://lennylipton.wordpress.com/2009/09/10/email-to-a-prodcuer> [Stand 7.7.2011].

Lipton, Lenny (2009): „Glossary“. URL:
<http://lennylipton.wordpress.com/2009/03/16/glossary> [Stand 5.7.2011].

Lipton, Lenny (2009): „Reality And Illusion“. URL:
<http://lennylipton.wordpress.com/2009/03/30/reality-and-illusion> [Stand 5.7.2011].

Lipton, Lenny (2009): „Stereoscopic Movies: Conventional Wisdom“. URL:
<http://lennylipton.wordpress.com/2009/03/23/stereoscopic-movies-conventional-wisdom> [Stand 5.7.2011].

Lipton, Lenny (2009): „Stereoscopic Composition“. URL:
<http://lennylipton.wordpress.com/2009/02/15/stereoscopic-composition> [Stand 5.7.2011].

Lipton, Lenny (2010): „Avatar As The Jazz Singer“. URL:
<http://lennylipton.wordpress.com/2010/06/19/avatar-as-the-jazz-singer> [Stand 6.7.2011].

Lipton, Lenny (2010): „Clash Of The 3D Movies“. URL:
<http://lennylipton.wordpress.com/2010/04/27/clash-of-the-3-d-movies> [Stand 6.7.2011].

MacAdam, D. L. (1954): *Stereoscopic perceptions of size, shape, distance, and direction*. In: SMPTE 62, S.271-293.

- Maier, Florian (2008): "Stereoskopische Filmproduktion. Teil 1: 3D-Grundlagen". In: Professional Production, Juli-August 2008, S. 22-27.
- Maier, Florian (2008): "Stereoskopische Filmproduktion. Teil 2: Technologien für das 3D-Kino". In: Professional Production, September 2008, S. 21-28.
- Maier, Florian (2010): "Meilenstein für den 3D-Film?". In: Professional Production, Januar-Februar 2010, S. 15-19.
- Maier, Florian, in Interview durch Bolliger, Matthias (2011): "Mehr Intensität!". In: Film&TV Kameramann, 20. Januar 2011, S. 58-62.
- Marks, Gerold, (2011): „Digitale Leinwand. 3D-Filme“. URL: <http://www.digitaleleinwand.de/3d-filme/> [Stand 18.6.2011].
- Mendiburu, Bernard (2009): *3D Movie Making. Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen*. Burlington/Oxford.
- Patalong, Frank (2010): „Nicht schlecht - nur wird mir schlecht!. 3-D-Kino“. URL: <http://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/0,1518,686141,00.html> [Stand 8.6.2011].
- PRIME Konsortium (Hg.) (2010?): "Herausforderung 3D. Technologischer Fortschritt und Synergie-Effekte zwischen Kino, TV und Spielewelt". URL: <http://www.prime3d.de/forschungsgebiete.html> [Stand 20.5.2011].
- Reinhard E. [Orig.: Autodesk (Hg.) (2008): "Stereoscopic Filmmaking Whitepaper". URL: http://images.autodesk.com/adsk/files/stereoscopic_whitepaper_final08.pdf [Stand 9.6.2011]].
- Sammons, Eddie (1992): *The World of 3-D Movies*. o.O. [elektr. Kopie v. Woods, Andrew, Curtin University of Technology, Version 1B, URL: <http://www.andrewwoods3d.com/library/sammons.cfm> [Stand 12.6.2011]].
- StereoGraphics Corporation (Hg.) (1997): *StereoGraphics Developers' Handbook. Background on Creating Images for CrystalEyes® and SimulEyes®*. URL: <http://www.cs.unc.edu/Research/stc/FAQs/Stereo/stereo-handbook.pdf> [Stand 10.6.2011].
- Tauer, Holger (2010): *Stereo 3D. Grundlagen, Technik, Bildgestaltung*. Berlin.
- Urbicht, Stefanie/Wagner, Reinhard E. (2010): "Betrieb und Technik stereoskopischer Filmproduktionen". In: FKT, 3/2010, S. 106-112, Übers. von Urbicht, Stefanie/ Wagner,
- Valyus, N.A. (1966): *Stereoscopy*. London/New York
- View (Hg.) (2010): "Filmwelt sieht 3D". In: View, 2/2010, S.44-48.
- Wegener, Claudia/ Jockenhövel, Jesko (2009): „3D-Kino im Urteil des Publikums“. In: Media Perspektiven, 09/2009, S. 504-511.
- Zone, Ray (2007): *Stereoscopic Cinema and the Origins of 3-D Film 1838-1952*. Lexington.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.